

## **ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DE UMA EMPRESA PRODUTORA DE SISTEMAS COMPACTOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO: APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE P+L**

**LUCAS DE ALMEIDA TANGO**

**Orientador: Sebastião Roberto Soares**

**2012  
1º Semestre**





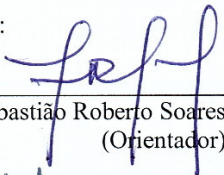
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL

ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DE UMA EMPRESA  
PRODUTORA DE SISTEMAS COMPACTOS DE TRATAMENTO  
DE ESGOTO: APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE P+L.

LUCAS DE ALMEIDA TANGO

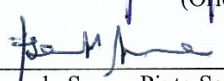
Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte  
dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação  
em Engenharia Sanitária e Ambiental –TCC II

BANCA EXAMINADORA:



---

Prof. Sebastião Roberto Soares  
(Orientador)



---

Prof. Fernando Soares Pinto Sant'Anna  
(Co-orientador)



---

Msc. Iracema de Souza Maia

FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO/2012

Dedico este trabalho à todos que me apoiaram e continuam me apoiando nesta nova fase repleta de mudanças., Em especial meus pais, minha amada esposa Luciana e nosso aguardado filho Kaê.

*“Podemos escolher o que semear, mas somos obrigados a colher aquilo que plantamos”.*

Provérbio chinês

## **RESUMO**

Paralelamente ao aumento da consciência ambiental, a demanda por maior responsabilidade ecológica e ambiental está fazendo as empresas remodelarem suas estratégias de negócios.

O presente trabalho utilizou os fundamentos do modelo de Produção Mais Limpa para realizar a análise do Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) dentro do processo produtivo de uma empresa visando encontrar pontos nos quais se mostre viável a redução do consumo da matéria-prima e/ou da geração de resíduos. As mudanças propostas, relativas ao aperfeiçoamento de equipamentos do processo, foram avaliadas para comprovar sua viabilidade técnica, financeira, ambiental e econômica, e após, foi estimada a melhora da eficiência ambiental e econômica gerada pelas mesmas.

Através de melhorias realizadas no sistema de fabricação do tubo reto, reduziu-se o consumo de matéria prima e a geração de resíduos, trazendo benefícios ambientais e econômicos à empresa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), Produção Mais Limpa (P + L), Processo Produtivo, Resíduos.

## ABSTRACT

*Along with the increasing environmental awareness, the demand for greater environmental responsibility and environmental companies are doing reshape their business strategies.*

*This study used the basis of the model of Cleaner Production to perform the analysis of Glass-Reinforced Plastic (GRP) within the production process of a company aiming to find out where proves feasible to reduce consumption of raw materials and / or generation of waste. The proposed changes relating to the improvement of the process equipment were evaluated to demonstrate its technical feasibility, financial, environmental and economic, and after, it was estimated the improvement of environmental efficiency and cost generated by them.*

*Through improvements to the manufacturing system of the straight tube, reduced raw material consumption and waste generation, bringing environmental and economic benefits to the company.*

**KEYWORDS:** *Glass-Reinforced Plastic (GRP), Cleaner Production, Production Process, Waste.*

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1- Elementos essenciais da estratégia de P+L</i>	4
<i>Figura 2- Tipos de fibras de vidro</i>	8
<i>Figura 3- Vista superior da empresa (Fonte: Google Earth, 2011)</i>	16
<i>Figura 4- Layout da empresa</i>	23
<i>Figura 5- Fluxograma do processo produtivo da empresa.</i>	24
<i>Figura 6- Etapa 1: Aplicação da camada de manta na F.W. antes do início do processo mecanizado</i>	25
<i>Figura 7- Etapa 1- detalhe: aplicação do fio de fibra de vidro em um ângulo de 70°.</i>	26
<i>Figura 8- Aplicação de resina ortoftálica catalisada e fio roving 4400 picado, pela pistola spray-up. (fonte: acervo da empresa, 2012)</i>	27
<i>Figura 9- Etapa 2: cabine de lixamento (fonte: acervo da empresa).</i>	28
<i>Figura 10- Etapa 3: linha de montagem (fonte: acervo da empresa).</i>	29
<i>Figura 11- Etapa 4: pintura dos tanques. (fonte: acervo da empresa).</i>	30
<i>Figura 12- Produtos prontos armazenados no pátio da empresa.</i>	30
<i>Figura 13- Talha utilizada no transporte interno dos tubos</i>	31
<i>Figura 14- Pesagem da matéria prima (fonte: acervo da empresa)</i>	36
<i>Figura 15- Balança utilizada na pesagem da matéria prima utilizada na etapa 3. (fonte: acervo da empresa)</i>	37
<i>Figura 16- Pesagem dos resíduos de PRFV gerados na fabricação do tubo reto. (fonte: acervo da empresa, 2012)</i>	39
<i>Figura 17- Resíduos provenientes do corte do tubo reto sobre um palet. (fonte: acervo da empresa)</i>	40
<i>Figura 18- Bancada de aplicação de (resina+catalisador) na fibra de vidro. Detalhe: retirada da placa composta pela resina restante na bancada. (fonte: acervo da empresa)</i>	41
<i>Figura 19- Sistema de banho do fio de F.V. na resina na fabricação do tubo reto.</i>	50
<i>Figura 20- Sistema de banho da fibra de vidro na F.W. (fonte: acervo da empresa)</i>	51
<i>Figura 21- Aplicação da fibra de vidro no mandril na fabricação do tubo reto. (fonte: acervo da empresa)</i>	52
<i>Figura 22- Projeto do novo sistema de banho da fibra de vidro utilizando um rolete. (fonte: acervo da empresa)</i>	53
<i>Figura 23- Detalhe: "pente", "arco" e bandeja coletora, todos com a largura aumentada em relação ao sistema antigo (fonte: acervo da empresa)</i>	54
<i>Figura 24- Mecanismo de regulação da distância da bandeja coletora da resina excedente (fonte: acervo da empresa)</i>	54
<i>Figura 26- Alteração do recipiente de banho da fibra de vidro.</i>	56



*Figura 27- Novo sistema de banho e aplicação da fibra de vidro na FW.*  
*(fonte: acervo da empresa, 2012)* \_\_\_\_\_ 62

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<i>Gráfico 1- Quantidade de resíduos gerados pela empresa em 2011.</i>	35
<i>Gráfico 2- Matéria prima consumida e resíduos gerados nas etapas 1 e 3 da fabricação do produto "T".</i>	48
<i>Gráfico 3- Avaliação econômica do novo sistema.</i>	61
<i>Gráfico 4- Evolução do consumo da matéria prima na F.W.</i>	67
<i>Gráfico 5- Evolução da geração de resíduos na F.W.</i>	68
<i>Gráfico 6- Evolução dos custos relativo ao consumo da matéria prima e à geração de resíduos na F.W.</i>	69
<i>Gráfico 7- Período de retorno do investimento.</i>	72

## **LISTA DE TABELAS**

<i>Tabela 1- Etapas para implantação da P+L.</i>	17
<i>Tabela 2- Fluxograma qualitativo global</i>	32
<i>Tabela 3- Fluxograma qualitativo intermediário</i>	33
<i>Tabela 4- Consumo de matéria-prima, energia e água em 2011.</i>	34
<i>Tabela 5- Geração de resíduos em 2011.</i>	34
<i>Tabela 6- Classificação dos resíduos segundo a norma ABNT 10.004 de 2004</i>	15
<i>Tabela 7-Resumo da situação do controle de insumos e dos resíduos por etapa.</i>	37
<i>Tabela 8- Resumo das medições realizadas em cada etapa.</i>	42
<i>Tabela 9- Medições das matérias primas utilizadas e dos resíduos gerados nas etapas 1 e 3.</i>	43
<i>Tabela 10- Matéria prima consumida e resíduos gerados, ambos relativos ao PRFV, na produção do produto "T".</i>	45
<i>Tabela 11- Matéria prima consumida e resíduos gerados nas etapas 1 e 3 da fabricação do produto "T"</i>	47
<i>Tabela 12- Dimensões do volume ocupado pela resina no recipiente antes e após a alteração.</i>	57
<i>Tabela 13- Expectativa de redução dos resíduos gerados na FW.</i>	57
<i>Tabela 14- Estimativa da economia gerada pela implantação do novo sistema de banho da F.W.</i>	58
<i>Tabela 15- Dados para avaliação da viabilidade econômica do novo sistema da F.W..</i>	59
<i>Tabela 16- Análise da viabilidade econômica do novo sistema da F.W</i>	60

<i>Tabela 17- Medições das matérias primas consumidas e dos resíduos gerados na fabricação do tubo reto após a implantação do sistema novo.</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 18- Comparação dos valores médios do consumo de matéria prima e da geração de resíduos antes e após a alteração do sistema de banho da fibra de vidro.</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 19- Dados para o cálculo do período de retorno do investimento.</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 20- Cálculo do período de retorno do investimento.</i>	<i>71</i>

## ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. HIPÓTESES.....	2
3. OBJETIVOS .....	2
3.1. Objetivo geral.....	2
3.2. Objetivos específicos.....	2
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
4.1. Produção Mais Limpa (P+L).....	3
4.1.1. Conceito de Produção Mais Limpa.....	3
4.1.2. Produção Mais Limpa nas Empresas .....	6
4.2. Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV).....	8
4.2.1. Componentes .....	8
4.2.2. Propriedades.....	11
4.2.3. Processos de Manufatura.....	12
4.3. Legislação aplicável .....	13
5. METODOLOGIA .....	16
5.1. Caracterização da Empresa.....	16
5.2. Plano de Implantação da P+L .....	17
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
6.1. Processo Industrial .....	22
6.3. Levantamento de dados.....	36
6.4. Análise dos dados.....	44
6.4.1. Seleção do foco da ação.....	44
6.5. Medida de P+L.....	50
6.5.1. Causas da geração de resíduo .....	50
6.5.2. Solução .....	52
6.5.3. Avaliação da solução .....	55
6.6. Implantação e análise dos resultados .....	62
7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO .....	74
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
ANEXO A.....	77



## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade vem demonstrando uma maior preocupação com a qualidade do ambiente e com a utilização sustentável dos recursos naturais. Isto tem-se refletido na elaboração de leis ambientais cada vez mais restritivas (NICOLELLA, 2004). Leis como a 12.305/10, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, e a 11.445/07, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, exemplificam esta afirmativa. Paralelamente, cresce também a consciência ecológica, o que faz com que mecanismos como selos verdes e Normas ambientais (Série 14.000) passem a constituir atributos desejáveis nas empresas, não apenas para melhora de seus desempenhos ambientais, mas também para construção de uma imagem ambientalmente positiva junto à sociedade e, conseqüentemente, para uma melhor aceitação de seus produtos pelos consumidores (NICOLELLA, 2004).

Dentro deste escopo surgiu o conceito de Produção Mais Limpa. Segundo o Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI (2003), Produção Mais Limpa é definida como:

A aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo.

Resumidamente, o objetivo do modelo de Produção mais Limpa é eliminar ou reduzir a poluição durante a produção e não somente tratá-la no final do processo. A redução dos resíduos durante o processo gera uma economia tanto nos custos de produção, através da diminuição do consumo de matéria-prima e insumos, como também nos gastos relativos ao tratamento, armazenamento, destinação final e até mesmo com possíveis multas devido ao desrespeito à legislação (CEBDS, 2003).

O presente trabalho utilizou fundamentos do modelo de Produção Mais Limpa em uma empresa, produtora de sistemas compactos de tratamento de esgoto, com o intuito de aprimorar o seu processo produtivo.

## **2. HIPÓTESES**

Produção mais limpa busca o contínuo aperfeiçoamento do processo produtivo, busca aumentar a eficiência na utilização das matérias-primas, da água e da energia. Realizou-se o presente trabalho seguindo a hipótese de que o processo produtivo da empresa estudada pode ser aperfeiçoado melhorando assim os seus aspectos ambientais, econômicos e tecnológicos.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral a análise do processo produtivo de uma empresa visando o aumento da eficiência de utilização do Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), através da aplicação do modelo de Produção Mais Limpa (P+L)

### **3.2. Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- a) Encontrar pontos na cadeia produtiva com possibilidade de aperfeiçoamento visando à redução tanto do consumo como da geração de resíduos;
- b) Avaliar a viabilidade técnica, financeira, ambiental e econômica das mudanças;
- c) Estimar a eficiência das alterações, tanto no aspecto ambiental como no aspecto econômico.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Produção Mais Limpa (P+L)**

Devido os imperativos ambientais atuais, o setor empresarial passa por um importante período de transição. Hoje o tratamento do meio ambiente é visto como uma questão estratégica e fonte de potencial rentabilidade e vantagem competitiva (SANCHES, 2000)

O melhor conhecimento a respeito da cadeia de geração de resíduos adquiridos nos últimos 50 anos propiciou uma evolução das políticas de controle da poluição. Antigamente eram utilizados métodos denominados “fim de tubo” que visavam o tratamento dos resíduos e efluentes gerados no processo produtivo. A Produção mais Limpa trouxe uma nova visão a respeito dos resíduos e efluentes gerados. Esta prevê a redução dos mesmos na fonte, modificando a antiga abordagem “O que fazer com os resíduos?” para a nova “O que fazer para não gerar resíduos?” (SENAI-RS/2003).

#### **4.1.1. Conceito de Produção Mais Limpa**

O Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS (2003) tem a seguinte definição para Produção mais Limpa:

A aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos.

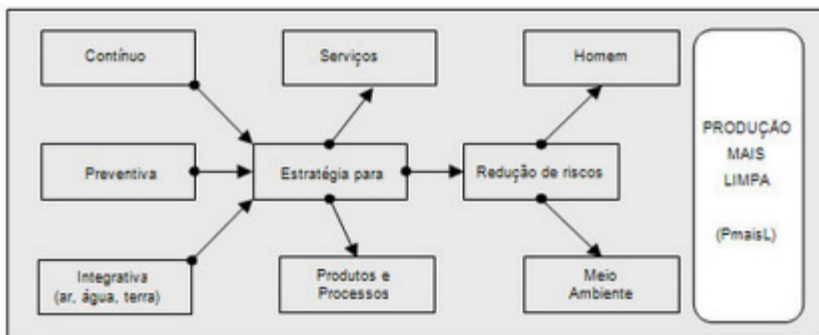
A *United Nations Environment Programme (UNEP, 2011)*, órgão da Organização das Nações Unidas para a proteção do meio ambiente, define Produção mais Limpa como “*a aplicação continuada de uma estratégia preventiva integrada aplicada a processos, produtos e serviços com vista a reduzir os riscos para saúde humana e ambiente e a conseguir benefícios econômicos para as empresas*”. Ainda segundo a UNEP (2011) a Produção mais Limpa pode ser aplicada para os processos em qualquer indústria, para os próprios produtos e para vários serviços oferecidos para a sociedade.

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (2003) define P+L como sendo:

Aplicação contínua de uma estratégia ambiental de prevenção da poluição na empresa, focando os produtos e processos, para otimizar o emprego de matérias-primas, de modo a não gerar ou a minimizar a geração de resíduos, reduzindo os riscos ambientais para os seres vivos e trazendo benefícios econômicos para a empresa.

Ainda segundo o CEBDS (2003), a Produção mais Limpa, relacionada ao projeto de produtos, busca direcionar o projeto para a redução dos impactos negativos do ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima até a disposição final. Em relação aos processos de produção, direciona-se para a economia de matéria-prima e energia, a eliminação do uso de materiais tóxicos e a redução nas quantidades e toxicidade dos resíduos e emissões. Em relação aos serviços, direciona seu foco para incorporar as questões ambientais dentro da estrutura e entrega de serviços. Segundo a United Nations Industrial Development Organization (2011) P+L significa produzir mais com menos, aumentando a eficiência no uso de materiais e energia, a competitividade e a produtividade.

A Produção Mais Limpa adota uma abordagem preventiva em relação à geração de poluentes o que acarreta em uma maior responsabilidade ambiental e financeira, pois, respectivamente, reduz a carga poluidora produzida e evita gastos referentes ao controle da poluição e ao tratamento de final de tubo. A **figura 1** evidencia os elementos essenciais da estratégia de P+L.



**Figura 1- Elementos essenciais da estratégia de P+L**

Fonte: UNEP/UNIDO, 1995 apud CEBDS.



Na Produção Mais Limpa um aspecto relevante é de prever a melhoria tecnológica conciliada ao *know-how* e à mudança de atitude. A aplicação do *know-how* ajuda a melhorar a eficiência através de melhores técnicas de gestão, realizando alterações por meio de práticas de arrumação e organização do local de trabalho, adotando soluções caseiras e revisando políticas e procedimentos. A mudança de atitude está relacionada à nova relação entre a empresa e o meio ambiente, onde a remodelagem de um processo ou produto, em termos da P+L, pode gerar melhor resultados sem a necessidade de adquirir novas tecnologias.

Uma diferença básica entre a P+L e a antiga abordagem para controle da poluição é o *timing*. O controle da poluição ocorre após o evento, com uma ideologia de “reagir e tratar” enquanto que a P+L “antecipa e previne”. A estratégia para alcançar os objetivos é de buscar as causas da poluição em vez de lutar contra os sintomas (CEBDS, 2003), o que resulta na conservação de matérias-primas, água e energia, na evitação de matérias-primas tóxicas e perigosas e na redução da quantidade e toxidade de todas as emissões e resíduos gerados durante a cadeia produtiva.

Segundo o CEBDS (2003), a adoção dos princípios da Produção Mais Limpa tem os seguintes objetivos:

- Racionalizar o uso de insumos;
- Aumentar a vantagem econômica e competitiva da empresa;
- Reduzir desperdícios;
- Minimizar a geração de resíduos, diminuindo os impactos ambientais;
- Aumentar a competitividade, atualizando a empresa de acordo com as exigências do mercado;
- Adequar os processos e produtos em conformidade com a legislação ambiental;
- Permitir a obtenção de indicadores de eficiência;
- Documentar e manter os resultados obtidos;
- Promover e manter a boa imagem da empresa, divulgando a eco eficiência da produção e a qualidade dos produtos oferecidos.

A adoção da Produção mais Limpa contribui para promover a continuidade e sustentabilidade de uma organização, pode ser justificada pelas seguintes vantagens (UNEP, 2011):

- Redução de passivos ambientais;

- Aumento da lucratividade da empresa;
- Redução dos custos de produção;
- Aumento da produtividade;
- Retorno rápido de qualquer capital investido em P+L;
- Aumento do lucro dos produtos vendidos;
- Possibilidade de uso mais eficiente de energia e matérias-primas;
- Melhoria da qualidade dos produtos;
- Aumento na motivação dos funcionários;
- Participação dos funcionários na geração e implementação de idéias;
- Redução de riscos aos consumidores;
- Redução dos riscos de acidentes ambientais;
- Valorização pelos empregados, comunidades locais, clientes e poder público;
- Evita custos relativos a multas por descumprimento da legislação;
- Possibilidade de redução de gastos com seguros;
- Possibilidade de maior acesso ao capital em instituições financeiras;
- Facilidade e rapidez de implantação.

Mais especificamente para o processo produtivo são considerados os seguintes benefícios:

- Redução no consumo de matéria-prima, energia e água;
- Redução de resíduos, efluentes e emissões;
- Reuso e/ou reciclagem de resíduos.

Referente aos produtos, os benefícios esperados são:

- Redução de desperdícios através do *ecodesign*;
- Uso de material reciclado para novos produtos;
- Diminuição do custo final;
- Redução de riscos.

#### **4.1.2. Produção Mais Limpa nas Empresas**

A filosofia da Produção Mais Limpa admite diversos níveis de aplicação junto às empresas. O nível mais básico é o simples ato de refletir criticamente a respeito das possibilidades de melhoria dentro da

empresa, fazendo com que os processos sejam observados sob uma nova perspectiva. A partir dessa nova postura, passando por todas as etapas necessárias a empresa pode chegar à efetiva implantação de um programa de P+L (CETESB, 2011).

No estado de São Paulo diversas empresas aderiram ao programa de P+L e alguns casos de sucesso foram disponibilizados para consulta pela CETESB (2011). Um deles é da empresa Mahle Metal Leve AS, fabricante de peças e acessórios para sistemas de motores, localizada em Mogi-Guaçu- SP. Seus principais produtos são balancins, camisas, conjunto de balancins, eixos de comando, pinos, portas anéis, tuchos e cabeças de pistão, com uma produção média anual de 74.897.955 peças. Na unidade de fundição produtora de porta-anel em liga metálica ferro-níquel ocorria uma perda de peças devido à deformação. Estas peças possuem um teor médio de 14% de níquel, elemento mais caro da produção (CETESB, 2011).

Devido a grande produtividade industrial foram desenvolvidos estudos e testes para viabilizar a retorno das peças deformadas para o processo produtivo. No processo de produção de pistões, a liga de ferro-níquel do porta-anel é impregnada por uma fina camada de alumínio. Como o alumínio é um contaminante para o ferro, foi estudada uma forma de separar o alumínio residual do restante da liga. A solução encontrada foi o lixamento das peças para retirada da camada de alumínio (CETESB, 2011).

Para a aplicação desta medida não foi necessário nenhum investimento e os resultados obtidos estão evidenciados a seguir:

- Ganho Ambiental:
  - a) Redução de resíduos;
  - b) Economia de recursos naturais;
  - c) Consequente redução do impacto ambiental.
- Ganho Econômico:
  - a) Reuso de 180t/ ano da liga ferro-níquel gerando uma economia de R\$360.000,00 por ano.

Este exemplo demonstra que medidas simples podem gerar grandes benefícios para empresa.

## 4.2. Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV)

O PRFV é um material composto, combinação heterogênea de dois ou mais materiais (elementos de reforço e aglutinantes), diferindo entre si em forma e composição. Esta combinação resulta em um material que maximiza propriedades de desempenho específicas. (GROOVER, 1996). Isto possibilita orientar a composição do PRFV para atender às solicitações específicas de um projeto.

Os componentes básicos do PRFV são a fibra de vidro e as resinas podendo ser utilizados produtos complementares como cargas, aditivos e desmoldantes.

### 4.2.1. Componentes

#### A. Fibra de Vidro

As fibras de vidro são as responsáveis pela resistência do PRFV, atuam como elemento de reforço das resinas melhorando suas propriedades mecânicas, principalmente a resistência ao impacto e o módulo de elasticidade. Suas principais formas de comercialização são (OKIMOTO, 1994):

- fios contínuos ou fio *roving*;
- manta (fios emaranhados);
- tecido;
- moída

Na **figura 2** são observados alguns tipos de fibra de vidro.



**Figura 2- Tipos de fibras de vidro**

(fonte: <http://www.owenscorning.com.br/lineup.asp>)

O processo para produzir as fibras de vidro é denominado fibragem. Este ocorre da seguinte maneira:

- o vidro fundido escoar por uma placa com orifícios;
- os fios são estirados mecanicamente a alta velocidade sendo agrupados por um cilindro coletor;
- um carretel regula a coleta e enrola os fios em uma bobina;

Durante o processo, um sistema pneumático agrega aos fios de vidro um tratamento químico denominado usinagem. Este agrega propriedades adesivas aos fios de vidro com a finalidade de permitir a ancoragem da resina. A perda de energia térmica para o ambiente durante o processo garante ao resfriamento do vidro. Durante o estiramento são agregadas as propriedades mecânicas. Para incrementar a rigidez estrutural as fibras podem ser submetidas a processos de entrelaçamento (GROOVER, 1996).

## **B. Resinas**

O termo resina era utilizado para nomear certas substâncias de origem vegetal e de aparência vítrea. Com o surgimento de determinados produtos sintéticos, em um estado intermediário entre cristalino e amorfo e similares às resinas naturais, surgiu o termo resinas sintéticas que com o tempo foi reduzido para resinas (LONGHI, 2002).

Denominadas de plásticos termofixos, são materiais encadeados desordenadamente e suas moléculas se mantêm unidas por ligações atômicas. Uma reação química exotérmica e irreversível entre a resina e o catalisador (tem a função de iniciar a solidificação da resina) faz o plástico passar do estado líquido para o estado sólido. Essa reação é denominada cura (MICHAELI *et al*, 1995).

No PRFV as resinas tem a função de envolver o composto, transferir o carregamento para as fibras, mantê-las orientadas e protegê-las das intempéries. As resinas mais utilizadas são as de poliéster insaturado e as resinas de epóxi (LONGHI, 2002).

## **C. Produtos Complementares**

Para auxiliar no processamento e melhorar certas propriedades do PRFV existem alguns produtos complementares. Esse grupo de produtos é composto basicamente pelas cargas (fillers), os aditivos e os desmoldantes. Estes são descritos a seguir:

### ○ **Cargas**

A função das cargas é melhorar determinadas propriedades do PRFV como a dureza, a resistência mecânica e a resistência ao impacto. Contribuem também para reduzir os custos de produção uma vez que ocupam parte do espaço que seria ocupado pela resina, material mais caro que a carga. Outra vantagem é serem quimicamente inertes à reação de cura o que ajuda a reduzir a contração das peças moldadas. São encontradas geralmente na forma de pó (LONGHI, 2002).

### ○ **Aditivos**

A principal função dos aditivos é facilitar o processamento do PRFV. São compostos por uma grande variedade de produtos químicos. Os principais são apresentados a seguir (LONGHI, 2002):

- aditivos desaerantes: eliminam bolhas de ar aprisionadas no laminado e no *gelcoat* (camada sem reforço de fibra que gera a superfície de modelos, moldes e peças de PRFV);
- aditivos umectantes: facilitam a impregnação das fibras de vidro pela resina de laminação, suprimindo a barreira de ar existente entre os fios de vidro e a resina;
- aditivos modificadores de reologia (tixotropia): acrescentam duas características aos *gelcoats* e resinas, fluidez quando em movimento e estabilidade quando inerte.

### ○ **Desmoldantes**

Os desmoldantes têm a função de reduzir a energia de adesão ou de superfície entre o molde e a peça. Se esta energia não for minimizada ela pode inviabilizar a desmoldagem da peça e assim danificar o molde. Uma película desmoldante entre o molde e a peça gera uma superfície de baixa adesão entre eles garantindo a correta desmoldagem (LONGHI, 2002).

Existem dois tipos desmoldantes, os de sacrifício e os semipermanentes. Estes são descritos a seguir (LONGHI, 2002):

- Desmoldantes de sacrifício: geram uma película não homogênea e requerem nova aplicação a cada desmoldagem, onerando o ciclo produtivo sob diversos aspectos como tempo improdutivo, adesão do desmoldante na peça, mão-de-obra acentuada, redução da vida útil do molde, etc. Um exemplo de desmoldante de sacrifício é a cera a base de carnaúba.

- Desmoldantes semipermanentes: são compostos por polímeros reativos dissolvidos em solvente ou água, que aderem à superfície do molde formando uma camada de baixa adesão. Apresenta vantagens como múltiplas desmoldagens por aplicação, não dissolvem em contato com o monômero de estireno presente na resina e no *gelcoat*, não é transferido ao produto moldado, aumentam a vida útil do molde, somente são removidos da superfície do molde por abrasão, podem ser aplicados com pistola a ar comprimido e menor custo.

#### 4.2.2. Propriedades

Os PRFV são compostos versáteis que podem ser utilizados em diversos segmentos de mercados e produtos. Propriedade como baixo peso, resistência mecânica, química e térmica, e durabilidade proporcionam ao PRFV um desempenho elevado, o que lhe permite competir com materiais consagrados como aço, concreto, alumínio e madeira (GROOVER, 1996). Sua resistência a tração ( $18 \text{ kg/mm}^2$ ) aliada à possibilidade de orientar as fibras segundo a direção de maior esforço, permite alcançar relações **resistência/ peso** superiores à do aço, ligas de alumínio e outros metais (LONGHI, 2002).

Outra propriedade relevante é a baixa condutividade térmica que pode ser otimizada através da inserção de elementos condutores de calor, como grafite, alumínio e ferro, durante sua composição. Podem ser enrijecidos quando e onde requerido o que permite eliminar ou simplificar uniões e articulações. Porém, como limitação, o processo de moldagem é irreversível (LONGHI, 2002).

As principais características destes materiais são citadas a seguir:

- resistência à corrosão;
- resistência à combustão;
- resistência à alta temperatura;
- resistência à intempéries;
- resistência à hidrólise;
- baixo peso (reduz custos de transporte, manuseio e instalação);
- estabilidade dimensional;
- resistência ao impacto;
- durabilidade elevada;
- possibilidade e facilidade para moldar variadas geometrias (permite reduzir o número de partes de um produto);
- permite elevado acabamento superficial;

- baixa condutividade elétrica;
- baixa condutividade térmica.

#### **4.2.3. Processos de Manufatura**

O PRFV pode ser produzido através de vários processos como a laminação manual (*hand lay up*), a laminação por projeção à pistola (*spray up*), o enrolamento filamentar (*filament winding*), a moldagem de placa composta (*Sheet Molding Compound- SMC*), a moldagem por transferência de resina (*Resin Transfer Molding- RTM*), a moldagem a vácuo (*vacuum molding*), a moldagem por injeção reativa reforçada (*Reinforced Reaction Injection Molding- RRIM*) e a moldagem por injeção reativa estrutural (*Structural Reaction Injection Molding- SRIM*).

A seguir são descritos alguns dos principais processos de manufatura do PRFV:

##### **A. Laminação manual ou por contato (*hand lay up*)**

É caracterizada por ser um método simples de confecção de um compósito, envolve baixo investimento em equipamentos. A laminação consiste em sobrepor camadas de tecidos, mantas ou fibras, intercalando-as com uma resina ( NETO e PARDINI, 2006).

O processo é iniciado com a aplicação de um desmoldante sobre a superfície na qual irá ser confeccionado o laminado. Posteriormente, é colocada uma camada de resina e uma de fibra de vidro, que são pressionadas com o auxílio de um rolo ou espátula para que a resina impregne nas fibras e para remover bolhas de ar, obtendo assim um laminado com menos defeitos e vazios. A sobreposição de camadas alternadas de resina e fibras é realizadas sucessivamente até se atingir a espessura desejada. Para um melhor acabamento da camada de superfície pode ser aplicada uma camada sem reforço de fibra que gera uma superfície mais lisa denominada *gelcoat*. A cura inicia imediatamente após aplicação e quando atinge seu estado de toque (gelificação), pode receber a resina de laminação (LONGHI, 2002).

##### **B. Laminação por projeção à pistola (*spray up*)**

O processo de laminação *spray up* deriva do processo *hand lay up*, porém a aplicação de resina e fibra de vidro é realizada de maneira simultânea com auxílio de uma pistola laminadora. Esta corta as fibras



de vidro em comprimentos pré-determinados, mistura a resina ao iniciador e projeta simultaneamente esse composto sobre o molde. Posteriormente essa camada aplica é compactada com auxílio de um rolete, semelhante ao processo manual (LONGHI, 2002).

É processo mais rápido, mais eficiente e com materiais mais baratos, comparado à aplicação manual. A vantagem fica evidente na moldagem de peças grandes e complexas onde a conformação com mantas e tecidos apresenta dificuldades (OWENS, 1996).

### **C. Laminação por enrolamento filamental (*filamento winding*)**

O método *filament winding* é ideal para fabricação de componentes de revolução ou axissimétricos, como tubos e vasos cilíndricos (NETO e PARDINI, 2006). Consiste no enrolamento contínuo de fibras em angulações específicas sobre um mandril. O mandril, ou molde, é um tubo cilíndrico utilizado para a laminação por enrolamento. Uma vantagem desta técnica é a rapidez e precisão de enrolamento de multicamadas (CARVALHO, 1992).

O processo consiste em três etapas principais. Primeiramente é realizado o projeto que engloba geometria e orientação da fibra. A segunda etapa define os meios mecânicos de colocação das fibras através dos quais elas são colocadas em posições apropriadas. Finalmente são selecionadas as condições que devem ser mantidas durante o processo e também as suas formas de controle (ABDALLA et al, 2005). A fibra de vidro continua é disposta em uma prateleira onde, através de um sistema de tensão e guia, são desenroladas sob condições controladas, passam em um sistema de imersão que impregna e controla a quantidade de resina no filamento. Este é enrolado sobre o mandril em várias camadas. Após a finalização do enrolamento o mandril com a estrutura compósita é removido para ser polimerizado em um forno ou à temperatura ambiente. Depois da cura o mandril é removido (FARO, 2008).

## **4.3. Legislação aplicável**

A norma ABNT NBR 10.004 de 2004 classifica os resíduos sólidos quanto ao seu risco ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente (ABNT NBR 10.004, 2004)

Os resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial,

doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. São incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT NBR 10.004, 2004).

Periculosidade de um resíduo é uma característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar:

- risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
- riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada (ABNT NBR 10.004, 2004).

Esta norma classifica os resíduos conforme a **tabela 6** a seguir.

**Tabela 1- Classificação dos resíduos segundo a norma ABNT 10.004 de 2004**

Classificação dos Resíduos		Tipologia
<b>Classe I- Perigosos</b>		Aqueles que apresentam periculosidade, ou uma das seguintes características: Inflamabilidade (pólvora suja, frascos pressurizados de inseticida), corrosividade (resíduos industriais contendo ácidos fortes), reatividade, toxicidade (lodos de processos contendo altas concentrações de metais pesados) ou patogenicidade (presença de vírus e bactérias).
<b>Classell- Não perigosos</b>	<b>A- Não inertes</b>	Estes resíduos podem ter propriedades tais como: Combustibilidade (restos de madeira, papel), biodegradabilidade (restos de alimentos) ou solubilidade em água (lodos de processos contendo sais solúveis em água).
	<b>B- Inertes</b>	São quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. Caracterização da Empresa

O estudo foi realizado em uma empresa de médio porte (fonte: SEBRAE), com 130 funcionários, que desde 2001 atua na produção, instalação e manutenção de sistemas compactos de tratamento de esgoto sanitário. A unidade em estudo está localizada em um município no interior do estado de São Paulo, Brasil .

A empresa possui Licença de Operação com validade até 22 de março de 2014 e também o certificado ISO 9001. Sua produção segue o sistema de organização denominado Toyotismo, onde são produzidos somente produtos encomendados. A **figura 3** apresenta uma visão geral da empresa.



**Figura 3- Vista superior da empresa (Fonte: Google Earth, 2011)**

## 5.2. Plano de Implantação da P+L

Para realização do trabalho a metodologia utilizada foi baseada principalmente no “Guia da Produção Mais Limpa- Faça Você Mesmo” elaborado pelo Conselho Empresarial Brasileiro para Produção Mais Limpa e também na obra “Implementação de Programas de Produção mais Limpa” elaborada pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas.

O resumo das etapas utilizadas no plano de implantação da P+L estão evidenciadas na **tabela 1**.

**Tabela 2- Etapas para implantação da P+L.**

<b>Etapa 1</b>	Comprometimento da direção da empresa
<b>Etapa 2</b>	Sensibilização dos funcionários
<b>Etapa 3</b>	Apresentação da metodologia
<b>Etapa 4</b>	Pré-avaliação
<b>Etapa 5</b>	Elaboração dos fluxogramas
<b>Etapa 6</b>	Tabelas quantitativas
<b>Etapa 7</b>	Definição de indicadores
<b>Etapa 8</b>	Avaliação dos dados coletados
<b>Etapa 9</b>	Seleção do foco de avaliação e priorização
<b>Etapa 10</b>	Balancos de massa e de energia
<b>Etapa 11</b>	Avaliação das causas de geração de resíduos
<b>Etapa 12</b>	Geração das opções de P+L
<b>Etapa 13</b>	Avaliação técnica, financeira, ambiental e econômica
<b>Etapa 14</b>	Seleção da opção
<b>Etapa 15</b>	Implementação
<b>Etapa 16</b>	Plano de monitoramento e melhoria continua

Na sequência detalhamento de cada etapa do plano de implantação da P+L:

- **Etapa 1: Comprometimento da direção da empresa**

“O comprometimento explícito do dono da empresa, da direção e da alta gerência é fundamental para a realização do trabalho” (CEBDS,

2003). O cumprimento desta etapa garante um maior comprometimento por parte dos funcionários tornando o programa mais eficiente.

- **Etapa 2: Sensibilização dos funcionários**

Todos os funcionários deverão ser informados sobre o programa, a direta ligação deste com a saúde financeira da empresa e a importância da participação e colaboração de todos para o sucesso do mesmo. Ações direcionadas a retribuir o esforço extra dispendido pelos funcionários para a realização do trabalho são interessantes para o cumprimento desta etapa(CEBDS, 2003).

- **Etapa 3: Apresentação da metodologia**

Devem ser realizadas reuniões técnicas com o ECOTIME para tratar os seguintes assuntos (CEBDS, 2003):

- Explicação da metodologia utilizada no trabalho;
- Importância do cumprimento do prazo para cada etapa;
- Utilidade do organograma funcional para facilitar a interação entre os setores.

- **Etapa 4: Pré-avaliação**

Nesta etapa os integrantes do ECOTIME devem transitar pela empresa, primeiro na área externa e depois na área interna, observando pontos de interesse para o trabalho. Na área externa devem ser evidenciados os resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas gerados pela empresa. Na área interna o ECOTIME deve passar por todos os setores observando com olhar críticos os processos realizados em cada um (CEBDS, 2003).

Através da observação da empresa levanta-se o *lay-out* das instalações da empresa contendo os caminhos de movimentação interna dos produtos intermediários produzidos em cada etapa (CEBDS, 2003).

- **Etapa 5: Elaboração dos fluxogramas do processo**

Segundo a CEBDS (2003), fluxograma é *“uma representação gráfica de todos os passos de um processo e do modo como estão relacionados entre si”*.

Nesta etapa são elaborados dois fluxogramas: um Global e um Intermediário. No Fluxograma Qualitativo Global são relacionadas as principais matérias-primas consumidas pela empresa, denominadas como **Entradas**, e os principais produtos e resíduos gerados, denominados como **Saída**.

Posteriormente, na elaboração do Fluxograma Qualitativo Intermediário, com auxílio dos integrantes do Ecotime, são relacionados as matérias primas utilizadas e os resíduos gerados por cada setor.

- **Etapa 6: Tabelas quantitativas referentes aos fluxogramas Global e Intermediário**

Na etapa 7 são levantados os dados quantitativos referentes aos fluxogramas elaborados na etapa anterior. Para isso são necessárias as seguintes informações: consumo de água e energia, vazão de efluente líquido, quantidade de resíduos sólidos e de matérias primas. Estes dados são importantes para melhorar o controle dos consumos da empresa e também para realização do balanço de massa e de energia (etapa 12).

Estes dados devem ser periodicamente atualizados para o melhor controle da empresa. A partir deles pode-se dimensionar e implantar, por exemplo, a segregação dos resíduos sólidos.

- **Etapa 7: Definição de indicadores**

Com os dados levantados nas etapas anteriores é possível definir os indicadores a serem utilizados para monitorar a empresa. Como o presente trabalho visa o controle específico do PRFV, esse material é o utilizado nas próximas etapas.

- **Etapa 8: Avaliação dos dados coletados**

Esta etapa tem o intuito realizar a avaliação dos dados para definir onde serão realizadas as medições efetivas para serem utilizadas no balanço específico. Porém, como citado no item anterior, o intuito do trabalho é a análise do PRFV dentro do processo produtivo da empresa, por isso, são realizadas as medições efetivas para este material.

É realizada uma análise das informações obtidas, enfocando:

- Quantidade e toxicidade dos resíduos relativos ao PRFV e das matérias primas utilizadas na manufatura deste;
- Custos relativos à compra de matérias primas e ao tratamento ou à destinação final dos resíduos relacionados ao PRFV.

- **Etapa 9: Seleção do foco de avaliação e priorização das ações**

São definidas as etapas, processos, produtos e/ou equipamentos a serem priorizados para as efetivas medições e realização dos balanços de massa e/ou energia.

- **Etapa 10: Balanços de massa e/ou energia.**

Definido os pontos críticos das medições, é construído um Fluxograma Específico para auxiliar no balanço de massa. O balanço específico é realizado detalhadamente em cada máquina e/ou operação identificada como importante. Para isso após definição dos equipamentos e/ou processos a serem analisados, define-se o período

representativo para realização do balanço levando-se em conta as características de cada ponto analisado. Posteriormente, os valores encontrados foram transformados para a mesma unidade (quantidade/ano). Com os dados coletados é estruturado o fluxograma específico de cada setor analisado contendo dados qualitativos e quantitativos.

- **Etapa 11 Avaliação de causas de geração dos resíduos**

Além da avaliação dos balanços de massa levantados, questionamentos como: Por que? Como? Quando? Onde? os resíduos são/foram gerados auxiliam na reflexão sobre a origem dos resíduos e a listar as causas de geração de resíduos.

- **Etapa 12: Geração de opções de melhoria**

Através dos balanços de massas e das causas de geração de resíduos são identificadas oportunidades de melhorar a situação adotando a seguinte prioridade:

- Como deixar de gerar o resíduo?
- Como reduzir a geração do resíduo?
- Como reciclar o resíduo internamente?
- Como reciclar o resíduo externamente?

- **Etapa 13: Avaliação técnica, financeira, ambiental e econômica**

- Avaliação técnica: consideração das propriedades e requisitos que as matérias primas e outros materiais devem apresentar para o produto em questão. A alteração sendo viável tecnicamente permite seguir para a avaliação financeira.

- Avaliação financeira: verificação das finanças da empresa para avaliar se a instalação da mudança estudada é viável. Constatada a viabilidade financeira passamos para a avaliação ambiental.

- Avaliação ambiental: observação dos benefícios ambientais através da análise ou da estimativa da redução da geração dos resíduos propiciada pela mudança.

- Avaliação econômica: realização de um estudo de viabilidade econômica, sendo considerado o período de retorno do investimento, a taxa interna de retorno e o valor presente líquido.

Após o período de retorno a diferença entre o Custo da Situação Atual e o Custo da Situação Esperada será o lucro permanente da empresa.



- **Etapa 14: Seleção da opção**

Com base na avaliação das opções de mudanças é realizada a escolha daquela com melhor condição técnica, financeiramente viável, maiores benefícios ambientais e econômicos.

- **Etapa 15: Implementação**

Aplicação da mudança selecionada e reconhecimento do esforço de toda equipe que auxiliou na concretização do trabalho.

- **Etapa 16: Plano de Monitoramento e Melhoria Continua**

Após a implementação da mudança, análises laboratoriais e medições são periodicamente realizadas para monitorar, avaliar o desempenho ambiental e também para continuar levantando os pontos críticos do processo, buscando uma melhoria continua do mesmo.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Processo Industrial

A empresa estudada atua na fabricação, instalação e manutenção de sistemas compactos de tratamento de esgoto. São produzidos três tipos de sistemas diferentes que diferem entre si quanto ao tamanho e orientação do tanque, sendo que dois modelos, o “B” e o “P”, são constituídos de tanques na horizontal e o outro, modelo “T”, os tanques são utilizados na vertical. No estudo do presente trabalho foi analisado a produção do modelo “T”(mais produzido) de forma a viabilizar a coleta de dados, uma vez que esta ocorreu somente de janeiro a maio de 2012. O modelo “T” é constituído por dois tanques com 5,45 metros de altura e 3,20 metros de diâmetro cada um. Com o intuito de garantir o anonimato da empresa os nomes dos produtos citados neste trabalho são fictícios.

O trabalho foi iniciado conhecendo-se as áreas externas e internas da empresa. Elaborou-se um layout destas áreas, o mesmo está evidenciado na **figura 4**.

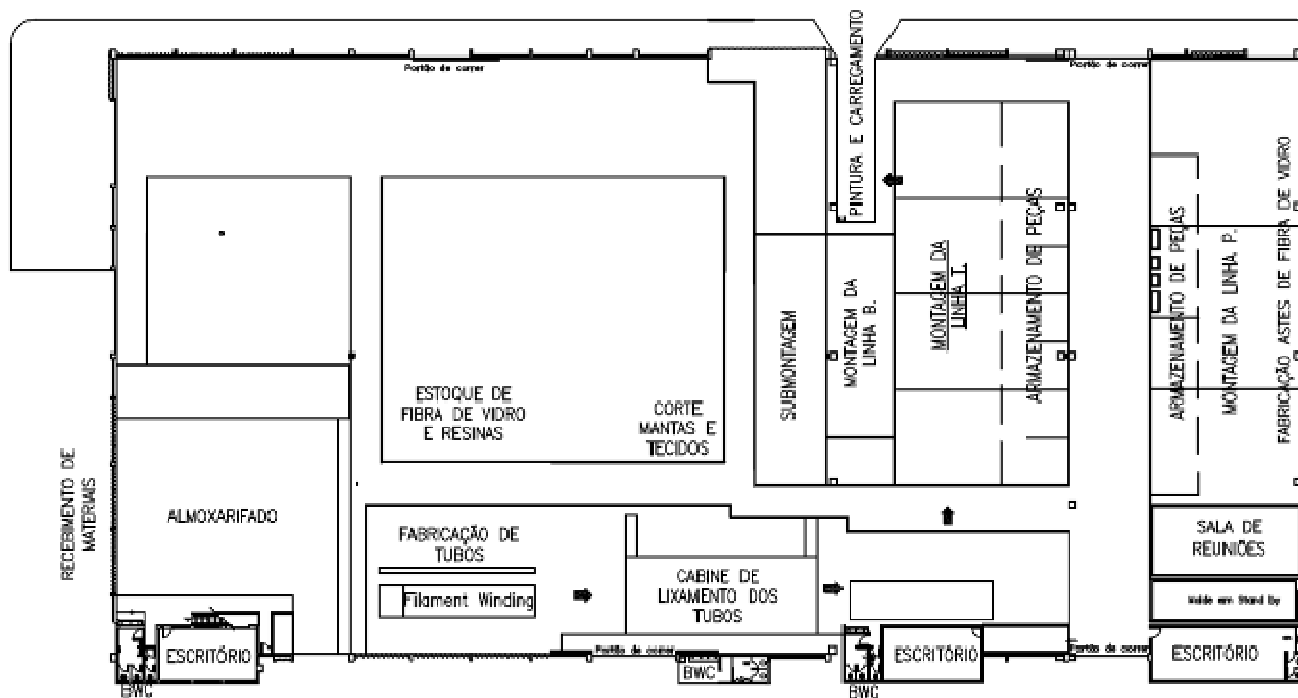
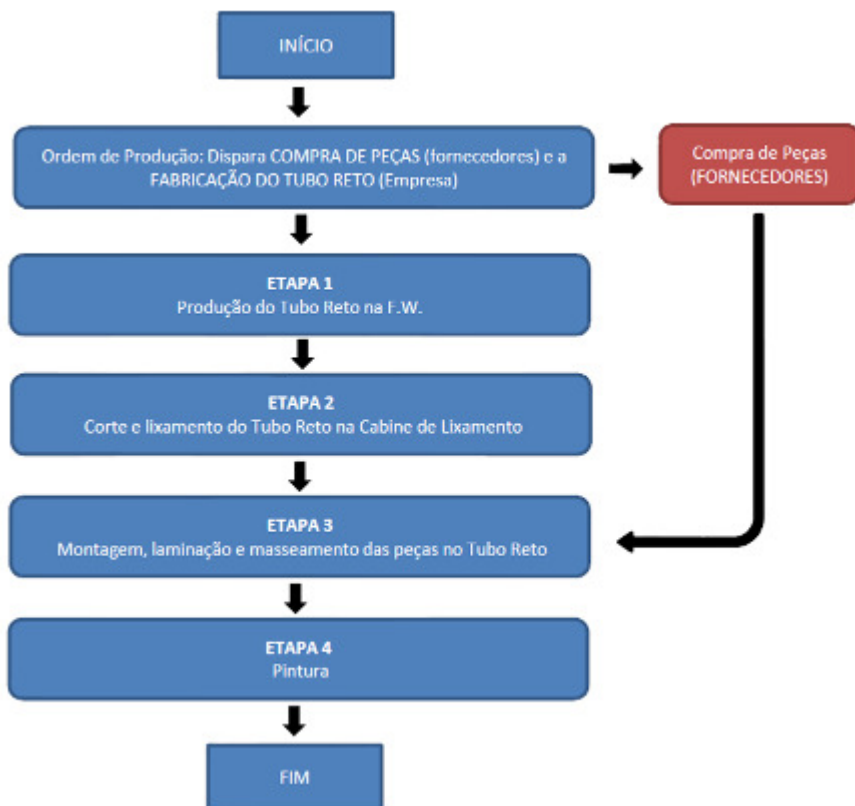


Figura 4- Layout da empresa

Com o intuito de facilitar a visualização do processo produtivo da empresa elaborou-se um fluxograma (**figura 5**), evidenciando um resumo a partir da ordem de produção até a finalização do produto. Separou-se a produção em quatro etapas de modo a facilitar a distinção entre as mesmas.



**Figura 5- Fluxograma do processo produtivo da empresa.**

O processo é iniciado com a ordem de produção quando se dispara a compra das peças juntos aos fornecedores e simultaneamente dá-se a ordem para a fabricação do Tubo Reto utilizando-se o método *Filament Winding*(**figura 6**), também conhecido como F.W. A fabricação dos dois tanques que compõem o modelo “T” é realizada de forma simultânea. É fabricado um tubo de 10,90 metros de comprimento

que posteriormente, na etapa 2, é cortado ao meio gerando dois tanques de 5,45 metros.

Para fabricação do tubo primeiramente cobre-se o mandril com um plástico com o intuito de protegê-lo. Após é aplicada uma camada de manta (**figura 6**) que em seguida é recoberta com resina isoftálica, que juntas formam uma barreira química na camada mais interna do tanque. Posteriormente, após a cura desta camada, inicia-se o processo mecanizado.



**Figura 6- Etapa 1: Aplicação da camada de manta na F.W. antes do início do processo mecanizado**

No processo mecanizado o fio roving 2200 é banhado na mistura de resina e catalisador e depois é continuamente enrolado sobre o mandril. Durante o processo pode-se variar o ângulo enrolamento do fio, dependendo dos tipos de esforços que o tubo reto deverá resistir, podendo ser praticamente perpendicular ao eixo do mandril ou entrelaçado em ângulos de 70° (**figura 7**). Basicamente o que controla a posição que o fio será enrolado é a combinação entre a velocidade de rotação do mandril e a velocidade horizontal da base do sistema de banho e aplicação do fio de fibra de vidro.



**Figura 7- Etapa 1- detalhe: aplicação do fio de fibra de vidro em um ângulo de 70°.**

Em alguns momentos, durante a confecção do tubo, a pistola spray-up aplica resina ortoftálica catalisada e fio roving 4400 cortado sobre o tubo reto (**figura 8**).



**Figura 8- Aplicação de resina ortoftálica catalisada e fio roving 4400 picado, pela pistola spray-up. (fonte: acervo da empresa, 2012)**

Após o término da confecção do tubo, espera-se a cura do mesmo e posteriormente realiza-se o seu desmolde. Na etapa 2, o tubo segue para a Cabine de Lixamento (**figura 9**) onde realiza-se a marcação, corte e lixamento do mesmo que então segue para a linha de montagem. Não se detalhou a descrição desta etapa com intuito de preservar a tecnologia dos produtos da empresa.



**Figura 9- Etapa 2: cabine de lixamento (fonte: acervo da empresa).**

Na linha de montagem as peças compradas dos fornecedores são encaixadas e fixadas ao tubo reto através da laminação ou utilizando-se massa plástica (**figura 10**). Novamente não se detalhou a descrição desta etapa para não expor a tecnologia aplicada nos produtos da empresa.





**Figura 10- Etapa 3: linha de montagem (fonte: acervo da empresa).**

Após o tempo de cura do PRFV, o tanque é transportado para a área de pintura onde, utilizando-se um rolo, o mesmo é pintado (**figura 11**).



**Figura 11- Etapa 4: pintura dos tanques. (fonte: acervo da empresa).**

Após a pintura os produtos prontos seguem para o pátio de armazenamento da empresa onde permanecem até a entrega para o cliente (**figura 12**). O transporte no exterior da fábrica é realizado com auxílio de caminhões com muck (espécie de guindaste) acoplado.



**Figura 12- Produtos prontos armazenados no pátio da empresa.  
(fonte: acervo da empresa)**

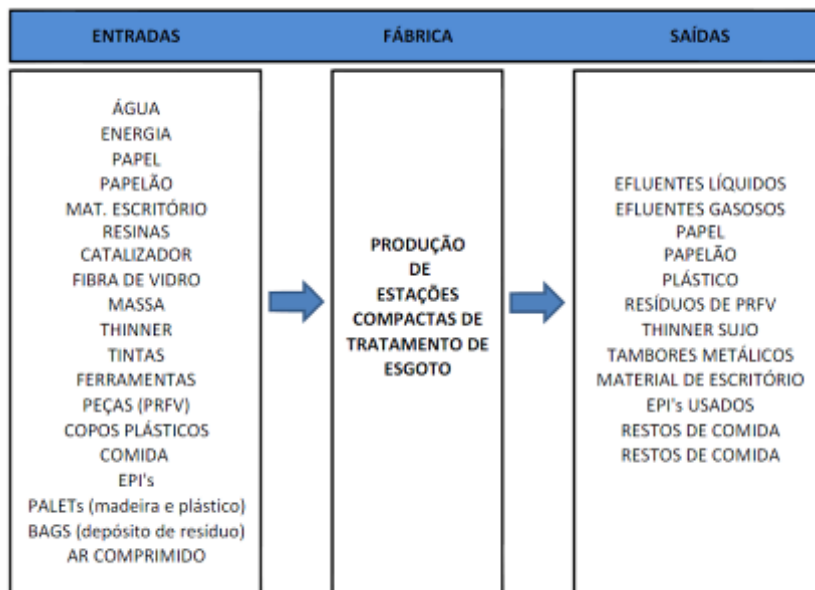
O transporte do tubo no interior da empresa é realizado com o auxílio de duas talhas e cintas de sustentação, como evidencia a **figura 13** a seguir.



**Figura 13- Talha utilizada no transporte interno dos tubos (fonte: acervo da empresa).**

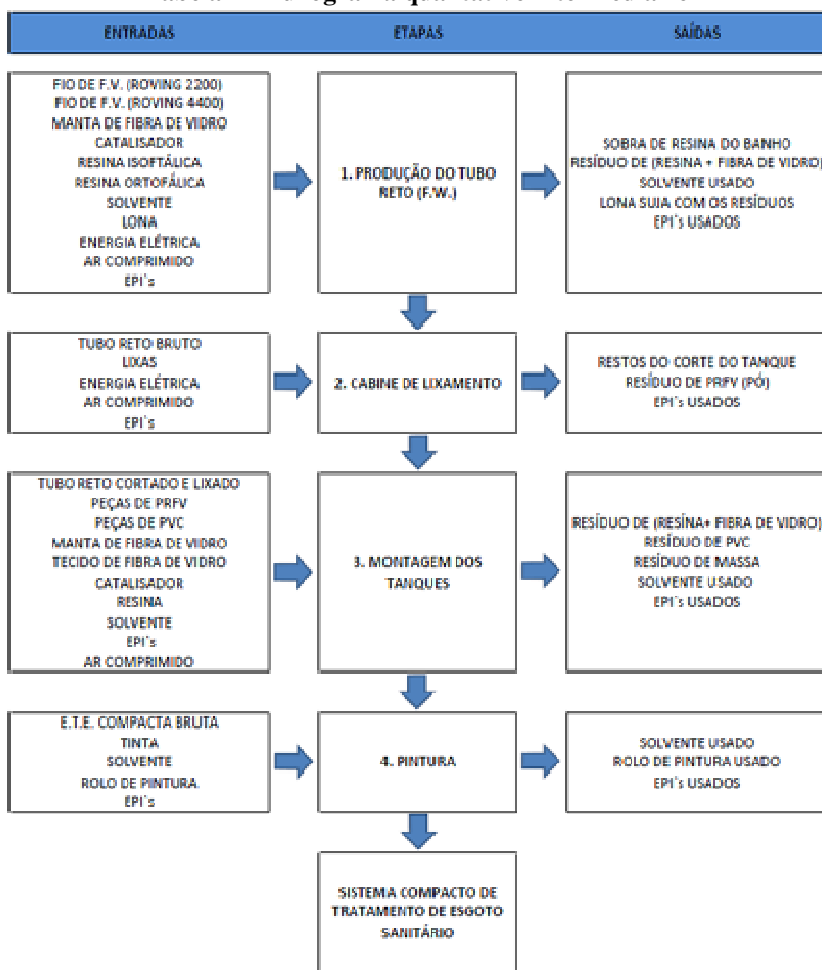
Para facilitar a análise do processo elaborou-se um Fluxograma Qualitativo Global (**tabela 2**) contendo todos os materiais utilizados pela empresa, denominados como “**entradas**”, e também todos os resíduos gerados pela atividade da empresa, chamados de “**saídas**”..

**Tabela 3- Fluxograma qualitativo global**



Depois do fluxograma qualitativo global elaborou-se um fluxograma qualitativo intermediário (**tabela 3**), utilizando-se a mesma lógica do primeiro, porém, detalhou-se as entradas e as saídas de cada etapa da linha de produção.

**Tabela 4- Fluxograma qualitativo intermediário**



Com o intuito de encontrar um foco de trabalho levantou-se as quantidades de matéria prima utilizada e de resíduos gerados pela empresa no ano de 2011. Adquiriu-se a quantidade de matéria-prima junto à logística, através do levantamento da quantidade de cada material consumido no ano de 2011 e também seus respectivos custos. Pode-se notar que os materiais mais consumidos e também os mais

custosos para empresa são relativos ao PRFV. Os valores estão apresentados na **tabela 4** a seguir.

**Tabela 5- Consumo de matéria-prima, energia e água em 2011.**

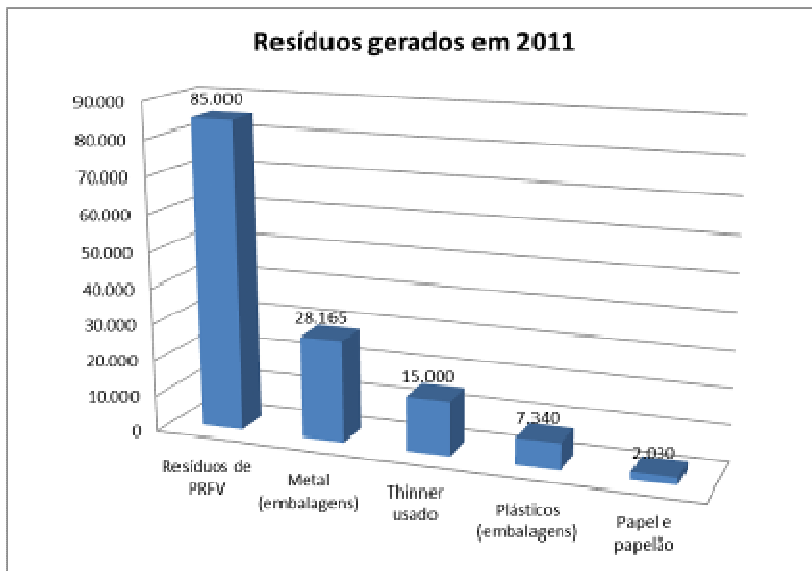
Matéria-prima	Quantidade/ano	Unidade	Custo unitário	Custo total
Resina Isofálica	164.035	kg	R\$ 8,92	R\$ 1.463.192,20
Resina Ortofálica	182.010	kg	R\$ 4,51	R\$ 820.865,10
Fio de fibra de vidro A	252.386	kg	R\$ 2,56	R\$ 646.108,16
Manta de fibra de vidro	34.200	kg	R\$ 6,08	R\$ 207.936,00
Fio de fibra de vidro B	79.315	kg	R\$ 2,56	R\$ 203.046,40
Thinner	34.400	litros	R\$ 3,27	R\$ 112.488,00
Energia	254.349,50	kWh	Variado	R\$ 86.285,95
Tinta	4318,2	litros	R\$ 19,03	R\$ 82.175,35
Tecido de fibra de vidro	14.068	kg	R\$ 3,91	R\$ 55.005,88
Catalisador	7.050	kg	R\$ 5,78	R\$ 40.749,00
Água	4.964	m³	Variado	R\$ 26.583,56

Levantou-se a quantidade de resíduos gerados com auxílio do controle de qualidade da empresa, através dos dados relativos à destinação final dos resíduos. Quando encaminhados à empresas que se responsabilizam por dar correto destino aos resíduos, a quantidade transportada é mensurada e registrada. Desta forma através do registro de tais operações levantou-se a quantidade de resíduos que a empresa gerou no período. Os valores são apresentados na **tabela 5** a seguir.

**Tabela 6- Geração de resíduos em 2011.**

Resíduo	Quantidade/ano	Unidade	Disposição final	Custo/ ano
Resíduos de PRFV	85.000	kg	Empresa terceirizada	R\$ 32.300,00
Metal (embalagens)	28.165	kg	Empresa de reciclagem	Sem custo
Thinner usado	15.000	kg	Empresa terceirizada	R\$ 10.650,00
Plásticos (embalagens)	7.340	kg	Empresa de reciclagem	Sem custo
Papel e papelão	2.030	kg	Empresa de reciclagem	Sem custo

Com os dados da tabela acima gerou-se o **gráfico 1** de modo a facilitar a visualização da quantidade de resíduos gerados pela empresa em 2011.



**Gráfico 1- Quantidade de resíduos gerados pela empresa em 2011.**

Através da análise tanto da quantidade de material utilizado como dos resíduos gerados pela empresa constatou-se como ponto crítico a ser estudado, os insumos e resíduos relativos ao PRFV. Análises químicas, realizadas por uma empresa terceirizada, evidenciou que os resíduos de PRFV, segundo a norma ABNT NBR 10.004, se enquadram como resíduos Classe II- A, ou seja, não perigosos e não inertes. Os relatórios das análises realizadas estão apresentados no **Anexo A**.

Na etapa a seguir levantaram-se dados com um maior detalhamento sobre o consumo de materiais e a geração de resíduos por etapa do processo produtivo.

### 6.3. Levantamento de dados

Com o foco de ação definido, passou-se então à fase de levantamento da quantidade de material utilizado e de resíduo gerado, ambos relativos ao PRFV, em cada etapa da produção. Primeiramente verificou-se a existência de controle de insumos e/ou controle de resíduos gerados no processo produtivo já realizado pela empresa. Constatou-se a seguinte situação.

Quanto ao controle de insumos o mesmo já era realizado. Na fabricação do tubo reto na F.W (etapa 1), os materiais utilizados são pesados antes do início do processo e após o término do mesmo (**figura 14**). A diferença entre as duas medições representa a quantidade de material utilizado.



**Figura 14- Pesagem da matéria prima (fonte: acervo da empresa)**

Na cabine de lixamento (etapa 2) existem dados referentes à quantidade de lixa utilizada na confecção de um tubo, porém, devido a pequena expressividade do material e também a baixa variação da quantidade deste, o controle não é realizado constantemente. Na linha de montagem (etapa 3) existe um histórico das peças utilizadas em cada produto. As quantidades de resina, catalisador, massa, manta e tecido de fibra de vidro também são controladas através da pesagem da



quantidade antes do início da atividade e após o término da mesma. Para realização da pesagem realizada na etapa 3 é utilizada a balança evidenciada na **figura 15** a seguir.



**Figura 15- Balança utilizada na pesagem da matéria prima utilizada na etapa 3. (fonte: acervo da empresa)**

Na pintura (etapa 4) controla-se a quantidade de tinta utilizada por tanque.

O controle de resíduos não era realizado por etapa, os únicos dados referentes à estes são os da geração anual apresentado na tabela 5, levantados a partir das quantidades enviadas para empresas de reciclagem e também para terceirizadas que dão correto destino à resíduos classe II A. Constatou-se que somente as etapas 1,2 e 3 geram resíduos relativos ao PRFV. O resíduo gerado na etapa 4 é basicamente solvente usado na limpeza dos equipamentos e ferramentas. O resumo da situação acima citada é evidenciado na **tabela 7** a seguir.

**Tabela 7-Resumo da situação do controle de insumos e dos resíduos por etapa.**

Etapa	Controle de Insumos	Controle de Resíduos	
		Resíduos de PRFV	Medição dos resíduos
1	Realizado	Gera	Inexistente
2	Realizado	Gera	Inexistente
3	Realizado	Gera	Inexistente
4	Realizado	Não gera	Não se aplica

Evidenciada a necessidade de se quantificar os resíduos gerados, observou-se então as características de cada etapa de modo a listar as necessidades de medição e criar o melhor método para realizá-las. Para cada etapa utilizou-se os seguintes métodos:

**- Medição dos resíduos de PRFV gerados na produção do tubo reto:**

Através da observação do processo de fabricação do tubo reto elaborou-se a seguinte metodologia para a mensuração da quantidade de resíduos gerados na fabricação de um tubo reto.

O processo gera desperdício em duas etapas, o material que cai no chão e o material que sobra na cuba dos banhos dos fios. Antes de iniciar o processo, coloca-se uma lona, com o peso anteriormente medido, na parte inferior da máquina para coletar o material que “escorre” no sentido longitudinal do tubo e o material que sai da pistola spray-up. Após o processo finalizado retira-se a lona juntamente com os resíduos sobrepostos e mede-se a massa do conjunto. Para a pesagem acima citada utiliza-se um palet com peso conhecido, uma cinta de sustentação com peso conhecido, uma balança (detalhe **figura 16**) e a talha. Coloca-se o material a ser pesado sobre o palet que, com auxílio da cinta de sustentação e da talha, é completamente levantado do chão. Entre a cinta e a talha coloca-se a balança (**figura 16**) que indica a massa do conjunto e subtraindo-se a massa do palet, da cinta e da lona obtêm-se a massa dos resíduos.

Para mensurar a quantidade de resina restante na cuba do banho, despeja-se a mesma em um recipiente (bandeja branca de plástico) e após a cura, retira-se a massa sólida do recipiente e pesa-se a mesma.



**Figura 16- Pesagem dos resíduos de PRFV gerados na fabricação do tubo reto. (fonte: acervo da empresa, 2012)**

#### **- Medição do resíduo gerado na cabine de lixamento**

Apesar da atividade realizada na cabine de lixamento gerar resíduos de PRFV, referente aos restos dos cortes e do lixamento do tubo reto, os mesmos não foram medidos pois tratam-se de resíduos sem potencial de redução, uma vez que os cortes e o lixamento do tanque são estratégicos para a fabricação dos sistemas compactos de tratamento de esgoto.



**Figura 17- Resíduos provenientes do corte do tubo reto sobre um palet.**  
(fonte: acervo da empresa)

**- Medição do resíduo gerado na montagem do produto:**

Para levantar os resíduos de resina e fibra de vidro gerado mediu-se o material restante na bancada de aplicação da resina na fibra (**figura 18**). Ao final de cada laminação, o material restante no recipiente onde realiza-se a mistura da resina com o catalisador é espalhado sobre toda a superfície da bandeja. Após a cura da mesma, forma-se uma placa rígida que é destacada da bancada (detalhe da **figura 18**) e depositada sobre um palet.



**Figura 18- Bancada de aplicação de (resina+catalisador) na fibra de vidro. Detalhe: retirada da placa composta pela resina restante na bancada. (fonte: acervo da empresa)**

Como a laminação é necessária em diversas sub-etapas da etapa 3, os resíduos gerados em cada sub-etapa são armazenados sobre um palet, para posteriormente, após o término da montagem, serem pesados de uma só vez.

O resumo das medições realizadas em cada etapa para se levantar a quantidade de resíduos de PRFV gerados está apresentada na **tabela 8** a seguir.

**Tabela 8- Resumo das medições realizadas em cada etapa.**

<b>Etapa</b>	<b>Atividade</b>	<b>Local</b>	<b>Medição</b>
1	Fabricação do tubo reto	Bandeja de banho da fibra (F.W.)	Pesagem da resina excedente na bandeja
	Fabricação do tubo reto	Pistola spray-up (F.W.)	Pesagem do resíduo depositado no chão
	Fabricação do tubo reto	Gotejamento de resina do mandril	Pesagem do resíduo depositado no chão
3	Laminação das peças ao tubo	Bancada de aplicação de resina à F.V.	Pesagem do resíduo excedente na bancada

Para encontrar o valor de resíduos gerados em cada etapa da produção do sistema compacto de tratamento de esgoto “T” utilizou-se quatro amostras para chegar aos valores médios. A **tabela 9** a seguir apresenta os quatro valores medidos em cada etapa e também o valor médio calculado.

**Tabela 9- Medições das matérias primas utilizadas e dos resíduos gerados nas etapas 1 e 3.**

Etapa	Medição	Amostra				Média	
		1	2	3	4		
1	Matéria prima [kg]	Fio roving 2200	1.224,00	1.202,00	1.227,00	1.223,00	1219,00
		Fio roving 4400	77,19	68,38	54,95	56,35	64,22
		Manta	41,75	43,35	35,00	44,90	41,25
		Resina Isoftálica	124,00	133,00	146,00	135,00	134,50
		Resina Ortoftálica	501,00	531,00	641,00	803,00	619,00
		<b>Total</b>	<b>1.967,94</b>	<b>1.977,73</b>	<b>2.103,95</b>	<b>2.262,25</b>	<b>2.077,97</b>
	Resíduos [kg]	Banho da F.V.	16,00	15,30	11,00	9,35	12,91
		Chão da F.W.	71,00	78,00	88,00	91,00	82,00
		<b>Total</b>	<b>87,00</b>	<b>93,30</b>	<b>99,00</b>	<b>100,35</b>	<b>94,91</b>
	<b>Porcentagem desperdiçada</b>	<b>4,42%</b>	<b>4,72%</b>	<b>4,71%</b>	<b>4,44%</b>	<b>4,57%</b>	
3	Matéria prima [kg]	Resina isoftálica	146,92	135,47	139,15	153,11	143,66
		Catalisador	2,72	2,14	3,01	3,30	2,79
		Manta de F.V.	58,33	57,12	58,51	59,74	58,43
		Tecido	17,81	16,33	17,90	18,07	17,53
		<b>Total</b>	<b>225,78</b>	<b>211,06</b>	<b>218,57</b>	<b>234,22</b>	<b>222,41</b>
	Resíduos [kg]	Bandeja de laminação	7,35	7,51	8,17	9,20	8,06
		<b>Total</b>	<b>7,35</b>	<b>7,51</b>	<b>8,17</b>	<b>9,20</b>	<b>8,06</b>
		<b>Porcentagem desperdiçada</b>	<b>3,26%</b>	<b>3,56%</b>	<b>3,74%</b>	<b>3,93%</b>	<b>3,62%</b>

## 6.4. Análise dos dados

A partir da quantificação dos materiais utilizados e resíduos gerados relativos ao PRFV, realizou-se uma análise dos mesmos com o intuito de encontrar os pontos de maior consumo de matéria-prima e de maior geração de resíduos de PRFV e desta forma priorizar as próximas ações do trabalho.

### 6.4.1. Seleção do foco da ação

Na fabricação de um sistema compacto de tratamento de esgoto do modelo “T” obteve-se uma média de consumo de matéria prima relacionada ao PRFV de 2300,37 quilogramas que geraram uma média de 102,97 quilogramas de resíduos apresentando uma margem de desperdício de 4,48 % por massa de matéria prima consumida e 4,94% de gastos relativos ao desperdício de matéria prima e à destinação final dos resíduos. Na **tabela 10**, a seguir, estão detalhados os dados citados acima.

Os valores unitários referentes aos resíduos gerados foram obtidos das seguintes maneiras. O resíduo denominado “Banho da F.V.” se refere à resina excedente no compartimento por onde o fio da fibra de vidro passa para receber o “banho” de resina, e o custo unitário utilizado nos cálculos é o valor unitário da resina ortoftálica, principal constituinte do composto. Para o resíduo denominado “chão da F.W.”, referente ao resíduo depositado no chão abaixo da F.W., o custo unitário utilizado foi o custo por quilograma de matéria prima utilizada na fabricação de um tubo reto utilizado no produto “T”. O valor foi calculado através do valor total da matéria prima utilizada na fabricação de um tubo reto (apresentado na **tabela 9**) e do custo total da mesma. Dividindo-se o valor gasto pela massa de matéria prima utilizada obtêm-se o custo por quilograma. Para o resíduo da “bandeja de laminação” da etapa 3 utilizou-se um processo similar ao anterior, porém os valores levantados são relativos à massa total de matéria prima consumida na etapa 3 na produção de um produto “T” e o gastos referentes à compra desta matéria prima. Dividindo-se a quantidade desta pelo seu custo, obtêm-se o custo unitário referente ao PRFV utilizado na etapa 3.

O custo da destinação final dos resíduos foi obtido através dos valores da quantidade total de resíduos de PRFV destinados para empresas terceirizadas em 2011 e o gastos relativos à estas operações. Dividindo-se a quantidade de resíduo pelo custo obteve-se o custo unitário no valor de R\$ 0,38 por quilograma de resíduo destinado.



**Tabela 10- Matéria prima consumida e resíduos gerados, ambos relativos ao PRFV, na produção do produto "T".**

Etapa	Medição	Custo unitário	Massa		Custo			
			Kg	%	Compra/ perda de M.P	Destinação final	Total	
Total	Matéria prima [kg]	Fio roving 2200	R\$ 2,56	1219,00	52,99%	R\$ 3.121	R\$ 0	R\$ 3.121
		Fio roving 4400	R\$ 2,56	64,22	2,79%	R\$ 164	R\$ 0	R\$ 164
		Resina Isofálica	R\$ 8,92	278,16	12,09%	R\$ 2.481	R\$ 0	R\$ 2.481
		Resina Ortoftalica	R\$ 4,51	619,00	26,91%	R\$ 2.792	R\$ 0	R\$ 2.792
		Catalisador	R\$ 5,78	2,79	0,12%	R\$ 16	R\$ 0	R\$ 16
		Manta de F.V.	R\$ 6,08	99,68	4,33%	R\$ 606	R\$ 0	R\$ 606
		Tecido de F.V.	R\$ 3,91	17,53	0,76%	R\$ 69	R\$ 0	R\$ 69
		Total		2300,37	100,00%	R\$ 9.249	R\$ 0	R\$ 9.249
	Resíduos [kg]	Banho da F.V.	R\$ 4,51	12,91	12,54%	R\$ 58,24	R\$ 4,91	R\$ 63,14
		Chão da F.W.	R\$ 3,62	82,00	79,63%	R\$ 297,04	R\$ 31,16	R\$ 328,20
		Bandeja de laminação	R\$ 7,74	8,06	7,83%	R\$ 62,36	R\$ 3,06	R\$ 65,42
		Total		102,97	100,00%	R\$ 417,64	R\$ 39,13	R\$ 456,76
	Desperdício			4,48%		4,94%		

\*Custo unitário da destinação final dos resíduos de PRFV é de R\$ 0,38 por quilograma de resíduo.

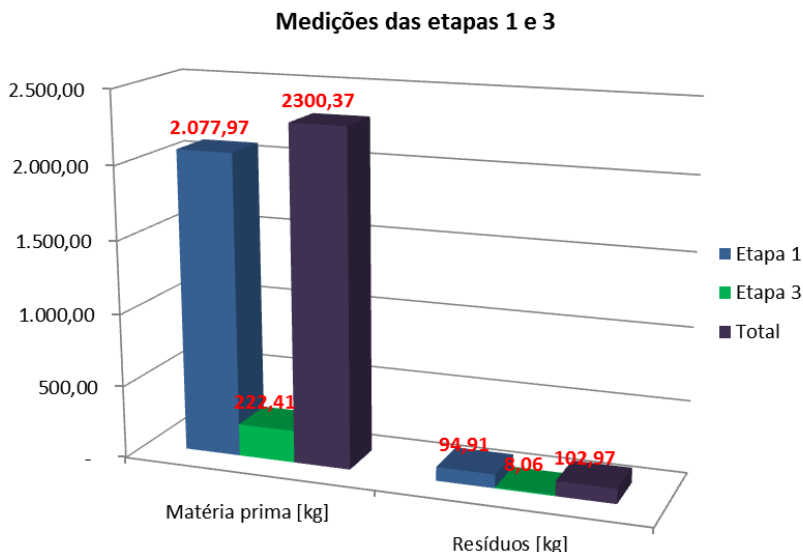
Na etapa 1 o consumo médio de matéria prima foi 2077,97 quilogramas, representando 90,33% do valor total consumido, que geraram uma média de 94,91 quilogramas de resíduos, representando 92,17% do total de resíduos relativo de PRFV gerados na fabricação do produto “T”. O desperdício médio da matéria prima utilizada nesta etapa foi de 4,57 % que representam uma perda de 4,13% de toda a matéria prima relativa ao PRFV utilizada no processo de fabricação do produto “T”. Referente ao custo de produção, os gastos relativos ao desperdício de matéria prima e à destinação final dos resíduos, representam uma perda de 5,20% na etapa e de 4,23% se comparado a toda matéria prima relacionada ao PRFV utilizada na fabricação do produto “T”.

Na etapa 3 o consumo médio de matéria prima foi de 222,41 quilogramas, representando 9,67 % do valor total consumido, que geraram uma média de 8,06 quilogramas de resíduos de PRFV, representando 7,83% do total gerado. O desperdício médio da matéria prima relativa ao PRFV utilizada nesta etapa foi de 3,62% em massa, que representa 0,35% de desperdício se comparado à toda matéria prima, relacionada ao PRFV, consumida na produção do modelo “T”. Referente ao custo de produção, os gastos relativos à perda de matéria prima e também à destinação final dos resíduos, representam uma perda de 3,80% na etapa e de 0,71% se comparado à toda matéria prima consumida no processo de fabricação de um produto “T”. Os valores levantados nas etapas 1 e 3, citados acima, estão evidenciados na **tabela 11**.

**Tabela 11- Matéria prima consumida e resíduos gerados nas etapas 1 e 3 da fabricação do produto "T"**

Etapa	Medição		Custo unitário	Massa		Custo		
				Kg	%	Compra/ perda de M.P	Destinação final*	Total
1	Matéria prima [kg]	Fio roving 2200	R\$ 2,56	1219,00	52,99%	R\$ 3.120,64	R\$ 0,00	R\$ 3.120,64
		Fio roving 4400	R\$ 2,56	64,22	2,79%	R\$ 164,40	R\$ 0,00	R\$ 164,40
		Manta de F.V.	R\$ 6,08	41,25	1,79%	R\$ 250,80	R\$ 0,00	R\$ 250,80
		Resina Isofônica	R\$ 8,92	134,50	5,85%	R\$ 1.199,74	R\$ 0,00	R\$ 1.199,74
		Resina Ortoftalica	R\$ 4,51	619,00	26,91%	R\$ 2.791,69	R\$ 0,00	R\$ 2.791,69
		<b>Total</b>		<b>2.077,97</b>	<b>90,33%</b>	<b>R\$ 7.527,27</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>R\$ 7.527,27</b>
	Resíduos [kg]	Banho da F.V.	R\$ 4,51	12,91	12,54%	R\$ 58,24	R\$ 4,91	R\$ 63,14
		Chão da F.W.	R\$ 3,62	82,00	79,63%	R\$ 297,04	R\$ 31,16	R\$ 328,20
		<b>Total</b>		<b>94,91</b>	<b>92,17%</b>	<b>R\$ 355,27</b>	<b>R\$ 36,07</b>	<b>R\$ 391,34</b>
	Desperdício	Na etapa		<b>4,57%</b>			<b>5,20%</b>	
		No processo		<b>4,13%</b>			<b>4,23%</b>	
3	Matéria prima [kg]	Resina isofônica	R\$ 8,92	143,66	6,25%	R\$ 1.281,47	R\$ 0,00	R\$ 1.281
		Catalisador	R\$ 5,78	2,79	0,12%	R\$ 16,14	R\$ 0,00	R\$ 16
		Manta de F.V.	R\$ 6,08	58,43	2,54%	R\$ 355,22	R\$ 0,00	R\$ 355
		Tecido de F.V.	R\$ 3,91	17,53	0,76%	R\$ 68,53	R\$ 0,00	R\$ 69
		<b>Total</b>		<b>222,41</b>	<b>9,67%</b>	<b>R\$ 1.721,37</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>R\$ 1.721</b>
	Resíduos [kg]	Bandeja de laminação	R\$ 7,74	8,06	7,83%	R\$ 62,36	R\$ 3,06	R\$ 65,42
		<b>Total</b>		<b>8,06</b>	<b>7,83%</b>	<b>R\$ 62,36</b>	<b>R\$ 3,06</b>	<b>R\$ 65,42</b>
	Desperdício	Na etapa		<b>3,62%</b>			<b>3,80%</b>	
		No processo		<b>0,35%</b>			<b>0,71%</b>	

\*Custo unitário da destinação final dos resíduos de PRFV é de R\$ 0,38 por quilograma de resíduo.



**Gráfico 2- Matéria prima consumida e resíduos gerados nas etapas 1 e 3 da fabricação do produto "T".**

Analisando-se o desperdício gerado, se considerarmos cada etapa separadamente, nota-se que a etapa 1 apresenta maior percentual de geração de resíduos, apresentando 4,57% contra 3,62% gerados na etapa 3, evidenciando que a etapa 3 utiliza as matérias primas com mais eficiência que a etapa 1. Quando se analisa o processo todo observa-se também uma maior representatividade dos resíduos gerados na etapa 1, que representam um desperdício de 4,13% de toda matéria prima relativa ao PRFV consumida no processo produtivo, enquanto os resíduos de PRFV gerados pela etapa 3 representam 0,35% do total desta mesma matéria prima.

Realizando-se a mesma análise, porém, relativa aos valores gastos, observa-se também uma situação mais crítica na etapa 1, onde os custos relativos ao desperdício de matéria prima e à destinação final de resíduos representam 5,20% do valor gasto com a compra de matéria prima para etapa e 4,23% do valor total de matéria prima relacionada ao PRFV comprada para o processo de fabricação do produto "T", enquanto que a etapa 3 apresenta valores de 3,80% e 0,71% para os respectivos requisitos.

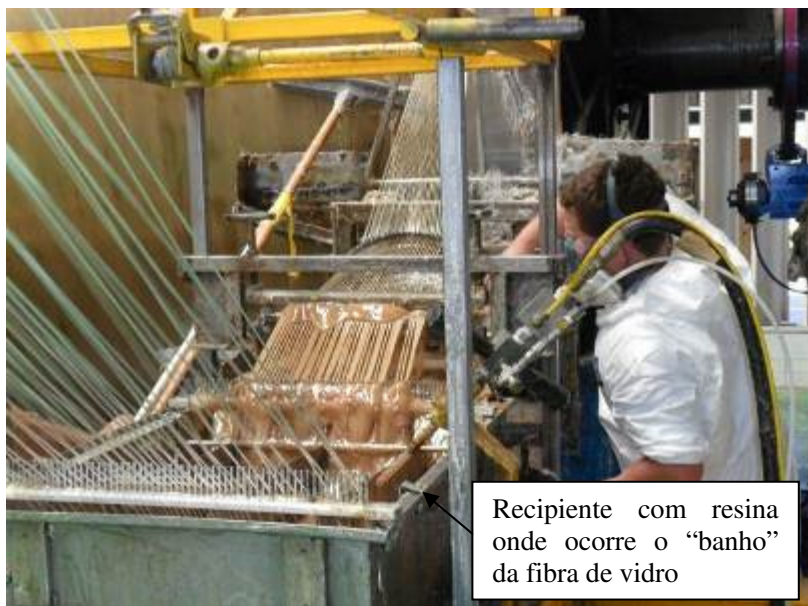
Desta forma, conclui-se que a etapa 1 apresenta menor eficiência de consumo de matéria prima, maior geração de resíduo e consequentemente apresenta gastos, referentes ao desperdício de matéria prima e aos resíduos de PRFV, mais representativos que os da etapa 3. Dito isto, definiu-se como foco de ação deste trabalho os resíduos gerados na etapa 1, ou seja, na produção do tubo reto na Filament Winding (F.W.).

## 6.5. Medida de P+L

Escolhido o foco da ação passou-se a fase de observação do processo de fabricação do tubo reto com o intuito de encontrar pontos com potencial de redução do consumo de matéria prima e também encontrar as causas da geração de resíduos. Nesta etapa contou-se com o auxílio do projetista Wender funcionário da empresa.

### 6.5.1. Causas da geração de resíduo

Observando o processo notou-se que o ato de mergulhar a fibra diretamente na resina impregna muita resina no fio, que apesar de posteriormente passar por um mecanismo para retirar o excesso, o mesmo não se mostrava muito eficaz. A **figura 19** evidencia o excesso de resina após o banho do fio de fibra de vidro (funcionário estava realizando ajuste no sistema no momento da foto).



**Figura 19- Sistema de banho do fio de F.V. na resina na fabricação do tubo reto (fonte: acervo da empresa, 2012).**

A seguir outra foto evidenciando o sistema de banho de outro ângulo. No momento da foto o sistema não estava em funcionamento. O nível da resina no recipiente durante o processo é evidenciado na **figura 20** a seguir.

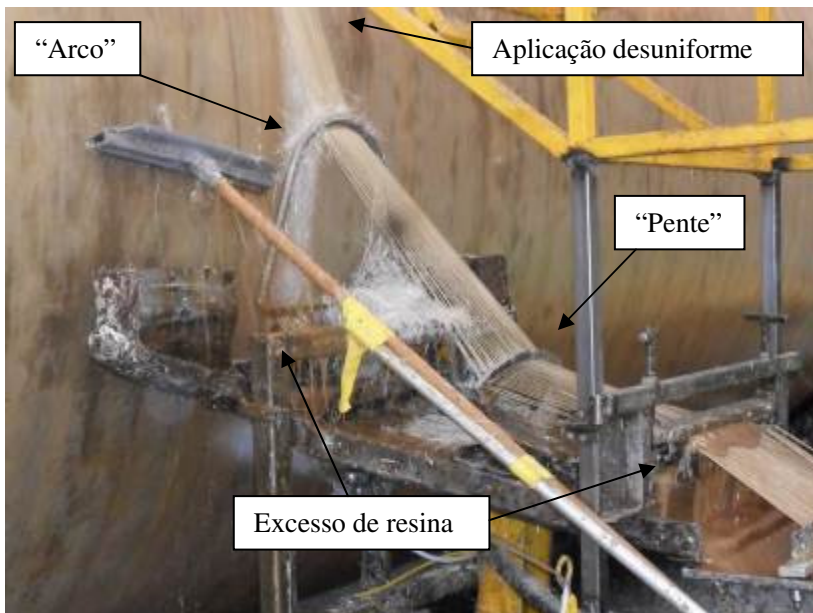


**Figura 20- Sistema de banho da fibra de vidro na F.W. (fonte: acervo da empresa)**

O fio de fibra de vidro impregnado de resina é enrolado no mandril sobre tensão, o que faz com que o excesso de resina impregnada sobre este se acumule na superfície do conjunto e goteje sobre o chão abaixo do F.W., gerando desperdício da resina.

Observou-se também que após passar pelo “pente”, os fios, antes de chegarem ao mandril, passam por um mecanismo de formato arqueado, denominado “arco”, que converge os fios, diminuindo a largura de aplicação dos mesmos. Por ficarem mais próximos uns dos outros, notou-se que alguns fios se sobrepõem de modo que a aplicação dos mesmos sobre o mandril não aparenta ser uniforme em toda a superfície de aplicação (**figura 21**).





**Figura 21- Aplicação da fibra de vidro no mandril na fabricação do tubo reto. (fonte: acervo da empresa)**

Através da observação do processo de fabricação do tubo reto levantou-se os pontos que possivelmente influenciavam no consumo das matérias primas e na geração de resíduos.

- Profundidade do recipiente de banho do fio de fibra de vidro;
- Excesso de resina no fio de fibra de vidro enrolado no mandril;
- Tamanho do “pente” e do “arco” de aplicação dos fios de fibra de vidro no mandril.

Levantado os pontos com potencial de melhoria, passou-se então à fase de buscar soluções para tentar reduzir o consumo de matéria prima e a geração de resíduos na fabricação do tubo reto na F.W.

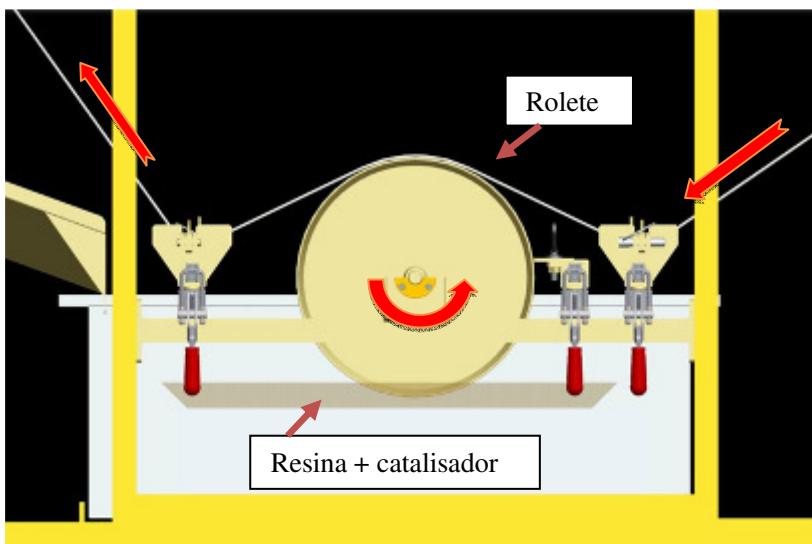
### **6.5.2. Solução**

Após discussão junto aos engenheiros da empresa optou-se por substituir o sistema de banho e de aplicação do fio de fibra de vidro



sobre o mandril por um sistema mais moderno. O projetista Wender já possuía um projeto de um sistema que não havia sido implantado. Analisou-se a viabilidade técnica de produção do dispositivo, contatada esta, realizou-se um pedido de orçamento à uma empresa terceirizada para a produção do mesmo, com este em mãos estimou-se a redução da geração de resíduos e também o período de retorno do investimento.

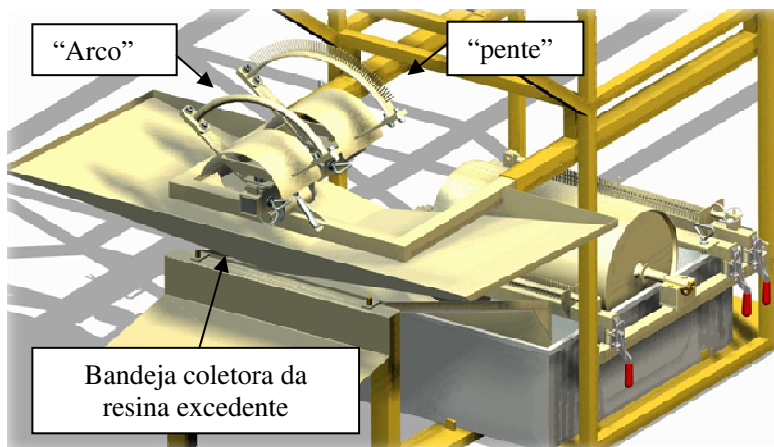
O novo sistema propõe a implantação de um rolete que fica em contato com a resina na parte inferior e com os fios de fibra de vidro na parte superior. Os fios tensionados sobre o rolete o fazem rodar e ao mesmo tempo a resina na parte inferior impregna nele. Esta resina impregnada molha então os fios na parte superior. A rotação do rolete faz com que o excesso de resina impregnada nele caia de volta no recipiente que armazena a resina (**figura 22**). A utilização do rolete também permite reduzir a profundidade do recipiente do banho e consequentemente a quantidade de resina neste. Com esta redução espera-se que no final do processo de fabricação do tubo reto reste uma quantidade menor de resina no recipiente do que no processo anterior.



**Figura 22- Projeto do novo sistema de banho da fibra de vidro utilizando um rolete. (fonte: acervo da empresa)**

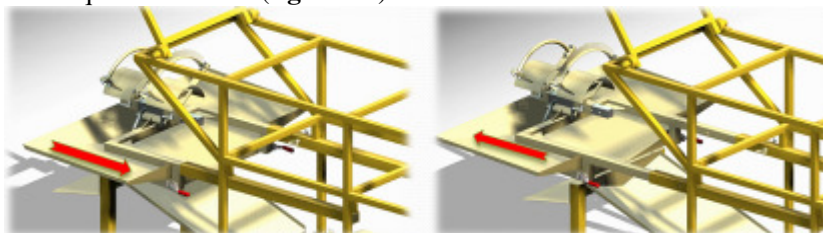
Além da utilização do rolete, modificou-se também o “pente” e o “arco” de por onde os fios de fibra de vidro passam antes de chegarem

ao mandril. Aumentou-se a largura dos mesmos com o intuito da aplicação dos fios de fibra de vidro no mandril ficar mais uniforme, sem fios sobrepostos, e desta forma reduzir a perda de resina (**figura 23**).



**Figura 23-** Detalhe: "pente", "arco" e bandeja coletora, todos com a largura aumentada em relação ao sistema antigo (fonte: acervo da empresa)

A bandeja coletora da resina excedente que goteja do mandril teve sua largura aumentada de modo a aumentar sua eficiência. A resina coletada retorna para o recipiente contendo a resina que molha o fio de fibra de vidro (**figura 23**). Aliada à esta modificação, inseriu-se um sistema de regulação da distância da bandeja coletora, que permite deixar a bandeja mais próxima ao mandril, reduzindo a quantidade de resina que cai no chão (**figura 24**).



**Figura 24-** Mecanismo de regulação da distância da bandeja coletora da resina excedente (fonte: acervo da empresa)

Através das alterações citadas acima espera-se reduzir a geração de resíduos na fabricação do tubo reto em 50%. Porém, antes de se aplicar a solução proposta realizaram-se as avaliações técnica, financeira, ambiental e econômica da solução com o intuito de verificar a viabilidade de sua implantação.

### **6.5.3. Avaliação da solução**

#### **- Avaliação técnica**

O projeto foi elaborado pelo projetista Wender que pesquisou tecnologias similares já existentes e comprovadamente funcionais. Desta afirmativa comprova-se que a mudança proposta é tecnicamente viável.

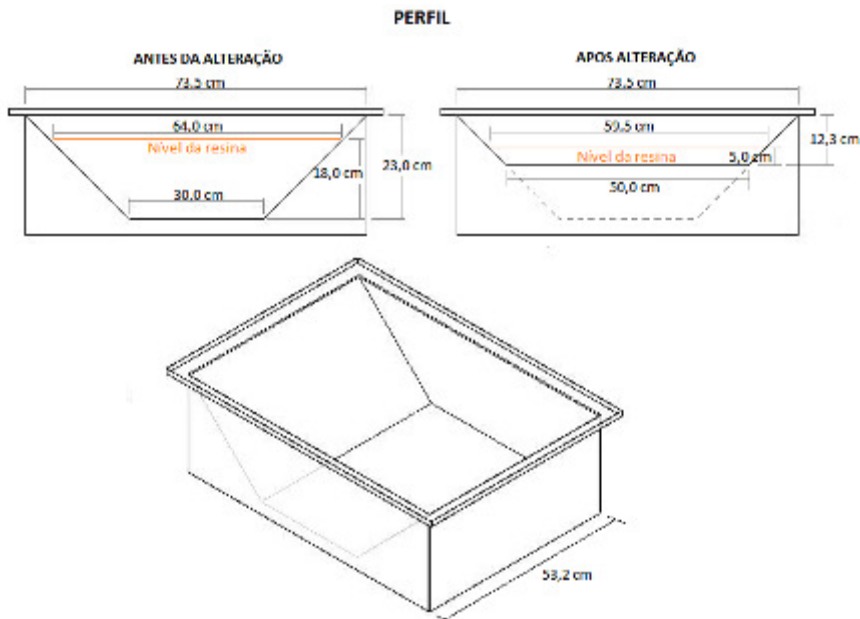
#### **- Avaliação financeira**

O projeto proposto foi orçado em R\$ 5.300,00. O valor estimado foi apresentado ao gestor da empresa que aprovou o investimento.

#### **- Avaliação ambiental**

Através do projeto do novo sistema, calculou-se a redução do volume de resina no recipiente e a porcentagem representada por esta. Estimou-se que a redução do volume de resina no recipiente seja proporcional à redução da resina excedente no recipiente de banho da fibra de vidro.

O recipiente antigo será reformado para ser utilizado no sistema novo. O fundo deste foi elevado de modo a reduzir sua profundidade. A **figura 26** a seguir evidencia a alteração.



**Figura 25- Alteração do recipiente de banho da fibra de vidro.**

Para o cálculo dos volumes de resina no recipiente calculou-se a área da lateral em formato trapezoidal e multiplicou-se esta pela largura do recipiente. As equações utilizadas seguidas estão apresentadas abaixo.

$$V = A_l \cdot L \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

- V: Volume [m<sup>3</sup>];
- A<sub>l</sub>: Área lateral [m<sup>2</sup>];
- L: Largura [m].

$$A_l = \frac{h \cdot (B + b)}{2} \dots\dots\dots(2)$$

Onde:

- A<sub>l</sub>: Área lateral [m];
- h: Altura [m];
- B: Base superior [m];

- b: Base inferior [m].

As dimensões do recipiente antes e após a alteração, seguidas do volume de resina calculado e da porcentagem representada pela redução estão apresentados na **tabela 12**.

**Tabela 12- Dimensões do volume ocupado pela resina no recipiente antes e após a alteração.**

	Antiga	Nova	Redução
Altura (h) [m]	0,180	0,050	67,6%
Base superior (B) [m]	0,640	0,595	
Base inferior (b) [m]	0,300	0,500	
Largura (L) [m]	0,532	0,532	
ÁREA [m²]	0,0846	0,027375	
Volume (V) [m³]	0,0450	0,0146	

Encontrada a redução do volume de resina no recipiente projetou-se a mesma para a redução dos resíduos relativo à sobra desta no recipiente, chegando à um valor estimado de 4,18 quilograma.

Quanto ao resíduo depositado sobre o chão abaixo da F.W. a estimativa da redução é mais complexa por envolver um grande número de variáveis, sendo que não realizou-se cálculos prever a mesma. Com a alteração espera-se chegar a uma redução de 50% da quantidade total de resíduos gerados na FW. Com o valor calculado para redução dos resíduos relativos ao banho, calculou-se a redução necessária para os resíduos dos chão para que a meta de 50% de redução da quantidade total de resíduos seja alcançada. A **tabela 13** apresenta os valores estimados.

**Tabela 13- Espectativa de redução dos resíduos gerados na FW.**

Resíduo	Antes	Após	Redução
Banho da F.V. [kg]	12,91	4,18	67,6%
Chão da F.W. [kg]	82,00	43,30	47,2%
TOTAL [kg]	94,91	47,48	50,0%

Desta foram, se a meta pretendida for alcançada, o resultado ajudará a empresa a reduzir a quantidade de resíduo gerada e

consequentemente, à reduzir seu passivo ambiental, o que torna a proposta de mudança ambientalmente viável.

## - Avaliação econômica

Para avaliar a viabilidade econômica da solução proposta estimou-se o período de retorno do investimento efetuado. Solicitou-se para a uma empresa terceirizada o orçamento para a fabricação do novo dispositivo de banho da fibra por rolete. O valor orçado foi de R\$ 5.300,00.

Tomando-se a meta de redução de resíduos de 50% estimou-se a economia gerada na produção de um tubo reto. A mesma foi calculada projetando-se a geração de matéria prima após a mudança e o custo relativo à mesma. Através da diferença do valor gasto atualmente devido à geração de resíduos e o valor estimado após a alteração encontrou-se a economia obtida na fabricação de um tubo reto.

**Tabela 14- Estimativa da economia gerada pela implantação do novo sistema de banho da F.W.**

		Resíduo		
		Banho da F.V.	Chão da F.W.	Total
Preço unitário [custo/ kg]		R\$ 4,89	R\$ 4,00	
Antes da mudança	Peso médio [kg]	12,91	82,00	94,92 kg
	Custo	R\$ 63,13	R\$ 328,00	R\$ 391,13
Após mudança	Peso médio [kg]	4,18	43,30	47,46 kg
	Custo	R\$ 20,44	R\$ 173,20	R\$ 161,56
Economia por tubo		R\$ 42,69	R\$ 154,80	R\$ 197,49

Com o valor da economia por tubo fabricado em mãos realizou-se o levantamento do total de tubos retos referentes ao modelo “T” fabricados em 2011 e através deste valor calculou-se a média de produção mensal. Através desta média foi possível estimar a economia gerada, pela mudança do sistema de banho da F.W, por mês.

Com o intuito de levantar a taxa mínima de atratividade (TMA) realizou-se uma pesquisa junto ao setor de contabilidade sobre o rendimento do investimento no qual a empresa aplica seu dinheiro. O valor é de 0,8% de rendimento ao mês, assim adotou-se como TMA o valor de 0,81%.

Para equipamentos industriais a taxa de depreciação adotada é de 10% ao ano que equivale à 0,83% ao mês. O Imposto de Renda (IR) pago pela empresa é de 25% e a Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL) é de 9% que somados totalizam 34% de taxas de impostos. Os valores citados acima estão resumidos na **tabela 15** a seguir.

**Tabela 15- Dados para avaliação da viabilidade econômica do novo sistema da F.W..**

Dados para cálculo do período de retorno	
Investimento	R\$ 5.300
Produção de tubos reto para fabricação do modelo "T"	124 Tubos/ano
	10,33 Tubos/mês
Economia por tubo	R\$ 197,49
Economia mensal	R\$ 2.041
Imposto de Renda (IR)	34%
Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	0,80% ao mês
Depreciação	0,83% ao mês

Com os dados apresentados realizou-se então a simulação da evolução econômica após a implantação do novo sistema de banho e aplicação da fibra de vidro. A **tabela 16** a seguir evidencia os valores encontrados.

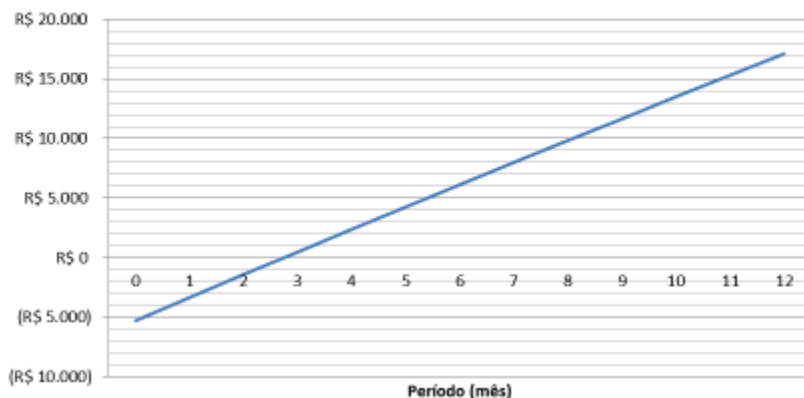
**Tabela 16- Análise da viabilidade econômica do novo sistema da F.W**

Período (meses)	Economia bruta por mês	Depreciação por mês	I.R por mês	Economia líquida por mês	Valor presente	Investimento	Pay back
0	0	0	0	0	0	R\$ 5.300	(R\$ 5.300)
1	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 1.966	R\$ 5.300	(R\$ 3.334)
2	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 3.916	R\$ 5.300	(R\$ 1.384)
3	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 5.851	R\$ 5.300	R\$ 551
4	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 7.770	R\$ 5.300	R\$ 2.470
5	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 9.674	R\$ 5.300	R\$ 4.374
6	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 11.563	R\$ 5.300	R\$ 6.263
7	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 13.437	R\$ 5.300	R\$ 8.137
8	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 15.297	R\$ 5.300	R\$ 9.997
9	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 17.141	R\$ 5.300	R\$ 11.841
10	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 18.971	R\$ 5.300	R\$ 13.671
11	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 20.786	R\$ 5.300	R\$ 15.486
12	R\$ 2.041	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 1.982	R\$ 22.587	R\$ 5.300	R\$ 17.287



A partir da **tabela 16** gerou-se o **gráfico 3** a seguir.

### **Estimativa do tempo de restorno do investimento**



**Gráfico 3- Avaliação econômica do novo sistema.**

Estimou-se que o investimento realizado no novo sistema de banho e aplicação da fibra de vidro estará pago no terceiro mês após sua implantação. Desta forma a proposta de mudança apresentada mostrou-se economicamente viável de ser implantada.

## 6.6. Implantação e análise dos resultados

No dia dois de março de 2012 implantou-se o novo sistema de banho da fibra de vidro na resina por rolete (**figura 27**). Após a finalização da instalação houve um período de testes e ajustes do novo sistema. Neste período por diversas vezes necessitou-se parar o processo para realizar ajustes no equipamento, por este motivo os primeiros tubos produzidos utilizando o novo sistema não foram considerados nos resultados do trabalho.



**Figura 26- Novo sistema de banho e aplicação da fibra de vidro na FW.**  
(fonte: acervo da empresa, 2012)

Terminado o período de ajustes do novo sistema retomaram-se as medições da quantidade de matéria prima utilizada e também dos resíduos gerados. Já na primeira medição observou-se a redução de ambas as quantidades. Para se levantar dados mais confiáveis realizaram-se as medições da fabricação de quatro tubos retos (com as mesmas dimensões dos utilizados para medições antigas) utilizados na

produção do sistema de tratamento de esgoto “T”. Através destas calculou-se o valor médio do consumo de matéria prima e da geração de resíduos de PRFV. Os valores das quatro amostras medidas juntamente com os valores médios calculados estão evidenciados na **tabela 17** a seguir.

**Tabela 17- Medições das matérias primas consumidas e dos resíduos gerados na fabricação do tubo reto após a implantação do sistema novo.**

Medição		Amostra				Média
		1	2	3	4	
Matéria prima [kg]	Fio roving 2200	1.003,00	1.021,00	1.013,00	1048,00	1021,25
	Fio roving 4400	64,54	54,24	88,76	78,97	71,63
	Manta	30,40	45,80	41,00	43,10	40,08
	Resina Isoftálica	101,00	130,00	116,00	154,00	125,25
	Resina Ortoftálica	320,00	669,00	748,00	600,00	584,25
	<b>Total</b>	<b>1.518,94</b>	<b>1.920,04</b>	<b>2.006,76</b>	<b>1.924,07</b>	<b>1.842,45</b>
Resíduos [kg]	Banho da F.V.	2,00	4,00	5,00	3,00	3,50
	Chão da F.W.	71,00	69,00	46,00	45,00	57,75
	<b>Total</b>	<b>73,00</b>	<b>73,00</b>	<b>51,00</b>	<b>48,00</b>	<b>61,25</b>
Porcentagem desperdiçada		<b>4,81 %</b>	<b>3,80 %</b>	<b>2,54 %</b>	<b>2,49 %</b>	<b>3,32 %</b>

Após uma rápida análise nos valores encontrados observou-se que ocorreu redução tanto na geração de resíduos como também no consumo de matéria prima. Notou-se também uma redução da porcentagem desperdiçada.

Para se avaliar melhor os resultados da alteração elaborou-se uma tabela comparativa com os dados antes e após a implantação do novo sistema. Calculou-se a variação da quantidade de matéria prima utilizada e de resíduos gerado através da diferença entre os valores de antes e após a mudança. No consumo de matéria prima, com exceção do fio roving 4400, todas apresentaram uma redução da quantidade consumida. Quanto à geração de resíduos ocorreu uma redução tanto na resina excedente no recipiente de banho da fibra de vidro como na quantidade sobre o chão.

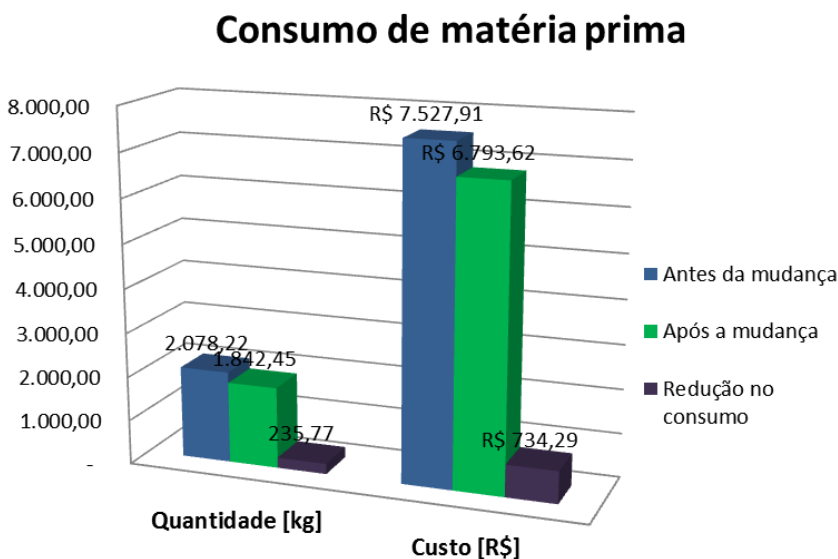
Na análise também calcularam-se os custos relativos à compra de matéria prima e ao desperdício devido à geração de resíduos. Através da comparação entre os custos encontraram-se as economias relativas à redução de consumo de matéria prima e à redução da geração de resíduos, e somando-se ambas encontrou-se a economia total. A **tabela 18** evidencia os valores encontrados.

**Tabela 18- Comparação dos valores médios do consumo de matéria prima e da geração de resíduos antes e após a alteração do sistema de banho da fibra de vidro.**

Medição		Custo unitário	Antes da mudança		Após a mudança		Diferença			
			Massa média [kg]	Custo	Massa média [kg]	Custo	Massa		Economia	
							Kg	%	R\$	%
Matéria prima [kg]	Fio roving 2200	R\$ 2,56	1219,25	R\$ 3.121,28	1021,25	R\$ 2.614,40	-198,00	-16,24%	-R\$ 506,88	-16,24%
	Fio roving 4400	R\$ 2,56	64,22	R\$ 164,40	71,63	R\$ 183,37	7,41	11,54%	R\$ 18,97	11,54%
	Manta	R\$ 6,08	41,25	R\$ 250,80	40,08	R\$ 243,66	-1,18	-2,85%	-R\$ 7,14	-2,85%
	Resina Isotópica	R\$ 8,92	134,50	R\$ 1.199,74	125,25	R\$ 1.117,23	-9,25	-6,88%	-R\$ 82,51	-6,88%
	Resina Ortoftalica	R\$ 4,51	619,00	R\$ 2.791,69	584,25	R\$ 2.634,97	-34,75	-5,61%	-R\$ 156,72	-5,61%
	Total		2.078,22	R\$ 7.527,91	1.842,45	R\$ 6.793,62	-235,77	-11,34%	-R\$ 734,29	-9,75%
Resíduos [kg]	Banho da F.V.	R\$ 4,89	12,91	R\$ 63,14	3,50	R\$ 17,12	-9,41	-72,89%	-R\$ 46,03	-72,89%
	Chão da F.W.	R\$ 4,00	82,00	R\$ 328,00	57,75	R\$ 231,00	-24,25	-29,57%	-R\$ 97,00	-29,57%
	Total		94,91	R\$ 391,14	61,25	R\$ 248,12	-33,66	-35,47%	-R\$ 143,03	-36,57%
Desperdício			4,57%	5,20%	3,32%	3,65%	Economia total		-R\$ 877,31	-11,65%
			Custo total: R\$ 7.919,05		Custo total: R\$ 7.041,73					

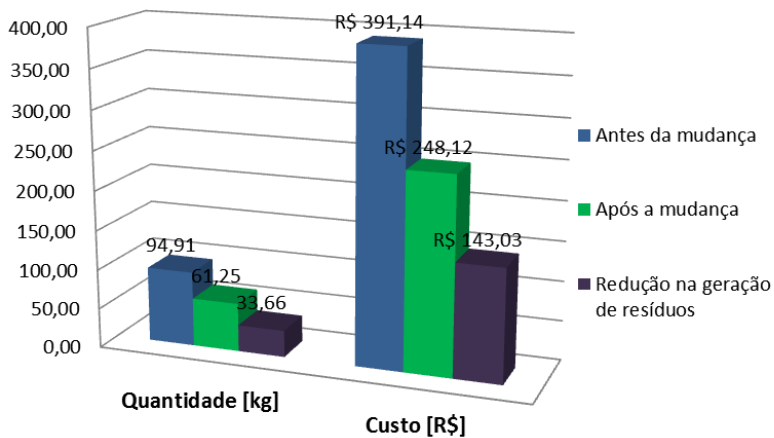
Analisando-se os valores obtidos, nota-se que a redução da geração de resíduos foi de 35,47%, não alcançando a meta de 50% anteriormente estimada. Em contrapartida, o consumo de matéria prima, para o qual não esperava-se diminuição, apresentou uma redução de 11,34% em quantidade.

Com o intuito de facilitar a visualização dos resultados obtidos, geraram-se os **gráficos 4, 5 e 6** apresentando, respectivamente, o consumo de matéria prima, a geração de resíduos e os custos, antes e após a mudança, e também a diferença entre ambos os valores.



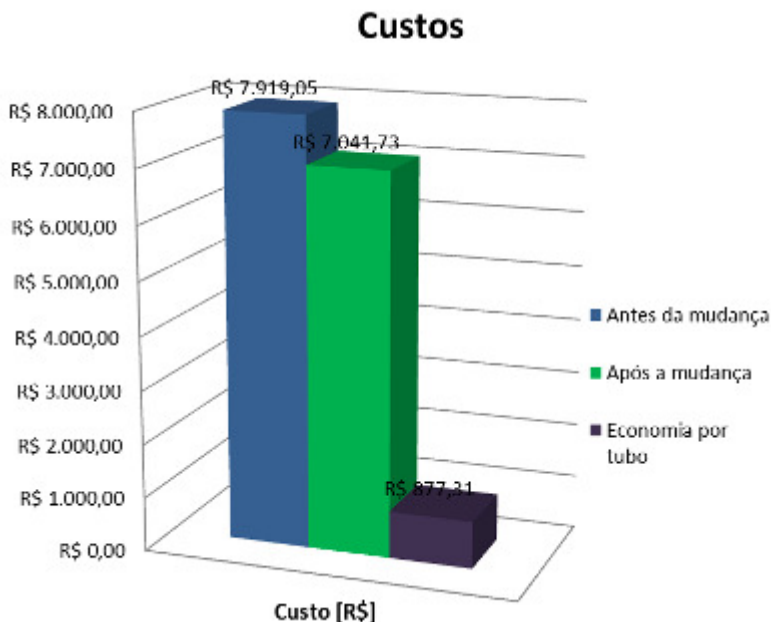
**Gráfico 4- Evolução do consumo da matéria prima na F.W.**

## Geração de Resíduos



**Gráfico 5- Evolução da geração de resíduos na F.W.**





**Gráfico 6- Evolução dos custos relativo ao consumo da matéria prima e à geração de resíduos na F.W.**

Após a análise das reduções da quantidade e dos custos, passou-se a fase de calcular o período de retorno real do investimento efetuado. Para isto utilizou-se os dados apresentados na **tabela 19** a seguir.

**Tabela 19- Dados para o cálculo do período de retorno do investimento.**

Dados para cálculo do período de retorno	
Investimento	R\$ 5.300
Produção de tubos reto para fabricação do modelo "T"	124 Tubos/ano
	10,33 Tubos/mês
Economia por tubo	R\$ 877,31
Economia mensal	R\$ 9.066
Imposto de Renda (IR)	34%
Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	0,80% ao mês
Depreciação	0,83% ao mês

Através dos dados acima calculou-se o período de retorno do investimento. Realizou-se uma simulação de 12 meses após a

implantação do novo sistema de banho e aplicação da fibra de vidro na FW. Os valores encontrado estão apresentados na **tabela 20** e no **gráfico 7** a seguir.

**Tabela 20- Cálculo do período de retorno do investimento.**

Período (meses)	Economia bruta por mês	Depreciação por mês	I.R por mês	Economia líquida por mês	Valor presente	Investimento	Pay back
0	0	0	0	0	0	R\$ 5.300	(R\$ 5.300)
1	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 8.935	R\$ 5.300	R\$ 3.635
2	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 17.799	R\$ 5.300	R\$ 12.499
3	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 26.593	R\$ 5.300	R\$ 21.293
4	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 35.316	R\$ 5.300	R\$ 30.016
5	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 43.971	R\$ 5.300	R\$ 38.671
6	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 52.557	R\$ 5.300	R\$ 47.257
7	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 61.075	R\$ 5.300	R\$ 55.775
8	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 69.525	R\$ 5.300	R\$ 64.225
9	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 77.908	R\$ 5.300	R\$ 72.608
10	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 86.225	R\$ 5.300	R\$ 80.925
11	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 94.475	R\$ 5.300	R\$ 89.175
12	R\$ 9.066	(R\$ 44)	(R\$ 15)	R\$ 9.006	R\$ 102.660	R\$ 5.300	R\$ 97.360

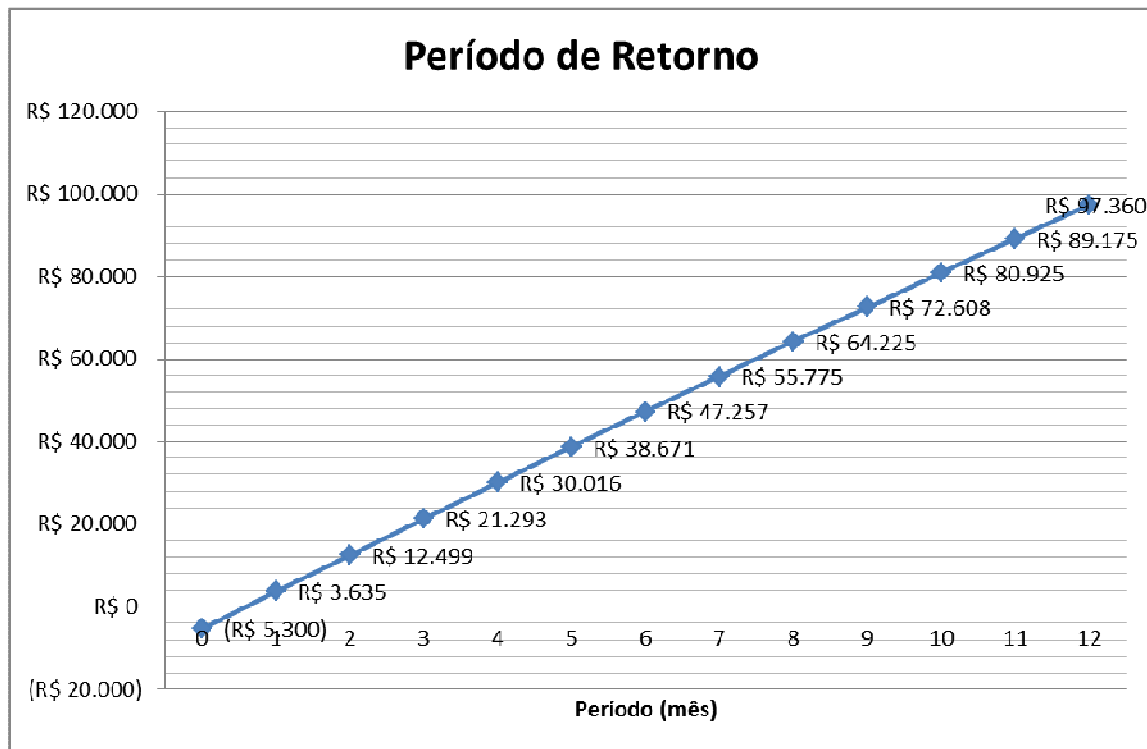


Gráfico 7- Período de retorno do investimento.

Através da **tabela 20** e do **gráfico 7** observa-se que antes do final do primeiro mês a economia gerada pela mudança paga o investimento realizado, mais precisamente após a confecção do sétimo tubo reto. Desta forma, apesar da geração de resíduos não ter alcançado o valor estimado, a não prevista redução no consumo de matéria prima, propiciou um retorno econômico maior do que o estimado anteriormente.

## 7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

Na busca pela sustentabilidade ambiental a redução/ extinção dos excessos é uma das premissas, e, quando se obtêm sucesso neste quesito, quase sempre a melhoria vem acompanhada de ganhos econômicos. Os resultado obtido neste trabalho exemplifica esta afirmativa. Baseado na metodologia da Produção Mais Limpa o presente trabalho conseguiu, em um curto espaço de tempo, atingir resultados satisfatórios tanto do ponto de vista ambiental como também do econômico.

O foco do trabalho foram as matérias primas e os resíduos relativos ao PRFV, uma vez que estes apresentaram a situação mais crítica. Dentro desta delimitação, a fabricação do tubo reto apresentou os maiores valores tanto de consumo de matéria prima como de geração de resíduos de PRFV, de forma que priorizaram-se as ações sobre esta etapa.

Através da alteração do sistema de banho e de aplicação da fibra de vidro, na fabricação do tubo reto, reduziu-se em 35,47% a geração de resíduos de PRFV, não atingindo a meta estipulada em 50%. Em contrapartida, o consumo de matéria prima, para o qual não se previu diminuição, apresentou uma redução de 11,34%, e o período de retorno do investimento estimado em aproximadamente três meses, foi de menos de um mês após a mudança.

Mesmo finalizando-se o trabalho em questão, o projeto proposto pelo mesmo deve prosperar, uma vez que a metodologia P+L prevê a implantação de uma cultura de melhoria continua na empresa, sempre realizando levantamentos de dados de forma a encontrar os pontos críticos e a buscar soluções para melhorar os mesmos. Desta forma, o trabalho apresentou somente o primeiro ciclo desta metodologia.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA F. H., MUTASHER S. A., KHALID Y. A., SAPUAN S. M., HAMOUDA A. M. S., SAHARI B. B., HAMDAN M. M. *Design and fabrication of low cost filament winding machine*. Malasia, *Universiti Putra Malaysia*, 2005.
- ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos- Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- CARVALHO, A. *Fiberglass x Corrosão*. Especificação- instalação e manutenção de equipamentos de *fiberglass* para ambientes agressivos. São Paulo, SP. Aspla, 1992.
- CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Guia da Produção mais Limpa Faça Você Mesmo. Rede de Produção Mais Limpa, 2003.
- CETESB. Produção mais limpa. Casos de sucesso: Recuperação e reuso de ferro-níquel. Disponível em <[http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao\\_limpa/casos/caso59.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/casos/caso59.pdf)> Acesso em 02/nov. 2011.
- FARO, ANA A. S. Desenvolvimento de tubos compósitos produzidos por enrolamento filamentar para possíveis aplicações como *risers* rígidos. Rio de Janeiro, RJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. P. 109.
- GROOVER, M. P. *Fundamentals of modern manufacturing- materials, processes and systems*. Addison-Wesley Publishing Co. NY, 4<sup>th</sup> edition, 1996.
- LONGHI, JÚLIO. Desenvolvimento de moldes em plástico reforçado com fibra de vidro utilizando a tecnologia de ferramental rápido por estereolitografia. Dissertação de mestrado UFSC, SC, 2002. P. 98.
- MICHAELI, W., GREIF, H., KAUFMANN, H., VOSSEBÜRGER, F. Tecnologia dos plásticos. São Paulo, editora Edgard Blücher, 1995.
- NETO, F. L., PARDINI L. C. Compósitos estruturais ciência e tecnologia, 1<sup>a</sup> ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2006.
- NICOLELLA, GILBERTO; MARQUES, JOÃO F.; SKORUPA, LADISLAU A.. Sistema de gestão ambiental: aspectos e análise de um conjunto de empresas da região de Campinas, SP. Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, 2004.
- OKIMOTO, M. L. L. R. Estudo do setor de plástico reforçado com fibra de vidro no Estado de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado UFSC, SC, 1994. P. 91.

OWENS C. Compósito: Guia de laminação manual e a pistola. São Paulo, 1996.

OWENS CORNING. Soluções para Compósitos. Disponível em: <<http://www.owenscorning.com.br/lineup.asp>>. Acesso em 02 nov. 2011.

SANCHES, Carmen S. Gestão Ambiental Proativa. Revista de administração de empresas, vol 40, n.1, p.76-87. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2000.

SEBRAE. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>>. Acesso em 01 nov.2011.

SENAIRS. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Porto alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003. 42 p. il.

TOMINAGA, LIDIA KEIKO; SANTORO, JAIR; AMARAL, ROSANGELA DO, 2009. Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo : Instituto Geológico.

UNEP. Declaração internacional sobre produção mais limpa. Disponível em:

<<http://www.uneptie.org/scp/cp/network/pdf/portuguese.pdf>>. Acesso em 02 nov. 2011.

UNIDO. Manual on the development of cleaner production policies approaches and instruments. Disponível em: [www.unido.org](http://www.unido.org). Acesso em 02 nov. 2011.



## ANEXO A

### RELATÓRIO DE ENSAIO Nº10M1382

DADOS REFERENTES AO CLIENTE			
INTERESSADO: <u>Engenharia de Segurança do Trabalho</u>		CIDADE/ESTADO: <u>Aracaju/SE</u>	
ENDEREÇO: <u>Av. Getúlio Vargas, 1000 - Centro</u>		FONE/FAX: <u>(71) 3102-2000</u>	
CEP: <u>55060-000</u>			
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA			
Data da Coleta: 26/03/10	Data da Entrada no Laboratório: 26/03/10	Horário da entrada no laboratório: 16:00	Coletado por: Interessado
Temperatura do Recebimento: Resfriado	Início da análise: 27/03/10	Término da análise: 04/05/10	Objetivo da amostra: ----
Material: Pedrapos de rebordo de fibra de vidro		Origem: ----	Ensaio: Físico Químico

### CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUO SEGUNDO NORMA ABNT - NBR 10.004

O gerador de resíduo não se enquadra na listagem de periculosidade .

O resultado de manganês obtido na análise de solubilizado não atende os parâmetros estabelecidos pela listagem G nas determinações realizadas.

Os resultados obtidos na análise do lixiviado atendem os parâmetros estabelecidos pela listagem F.

#### CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO AS DETERMINAÇÕES REALIZADAS:

Resíduo Classe II – A não Inerte.

Nota: Fica a critério do órgão ambiental competente a avaliação do resultado de classificação apresentado.

#### METODOLOGIAS:

Amostragem de resíduo sólido : ABNT – NBR – 10017 – 2004

Solubilização de resíduo : ABNT – NBR – 10006 – 2.004

Lixiviação de resíduo : ABNT – NBR – 10005 – 2.004

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 21<sup>st</sup> Edition – 1-40 (1.2018, Inductively Coupled Plasma (ICP)

Method, USEPA – Environmental Protection Agency-40 CFR- part 261 – 24 “Toxicity Characteristics”.

Sorocaba, 04 de Maio de 2010.



Clemente Reinaldo Sanmazzaro - CRF8 8505  
- Carlos Augusto Paulatti - CRF-15562